

Aus der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik der
Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Johannes Gutenberg - Universität Mainz
(Direktor Prof. Dr. K. Fuhr)

VERGLEICH KLINISCHER GRENZBEWEGUNGEN
MIT GRENZBEWEGUNGEN VON ARTIKULATOREN
(GNATHOMAT, DENAR, PANADENT UND MASTICATOR)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin
der Johannes Gutenberg - Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt
von Hans Tom Schilling
aus Weimar / Thüringen

Mainz 1981

1982

Quot homines, tot sententiae (Cicero)

Meinen Lehrern

Dekan: Professor Dr. K.-H. Bäßler

1. Gutachter: Professor Dr. G. Siebert
2. Gutachter: Professor Dr. K. Fuhr

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Februar 1982

Inhaltsverzeichnis

- I Einleitung
- II Schrifttum
 - A) Einführung in das Thema
 - B) Andere Untersuchungen
- III Methodik und Material
- IV A) Ergebnisse
 - B) Auswertung
- V Diskussion
- VI Zusammenfassung
- VII Literaturverzeichnis
- VIII Lebenslauf

Terminologie

Okklusion	Jeder Kontakt zwischen Oberkiefer- und Unterkieferzähnen
Terminale Scharnierachse	Eine gedachte Achse, um die sich die Kondylen bei der Öffnungs- und Schließbewegung des Unterkiefers drehen
Terminale Scharnierachsrelation (TSR)	Position der Kondylen in ihrer retralen, cranialen und nicht seitenverschobenen Stellung
Protrusion	Bewegung des Unterkiefers, bei der sich beide Kondylen gleichzeitig nach vorn bewegen
Laterotrusion	Bewegung, bei der der Unterkiefer von der Mediansagittalebene nach lateral schwenkt
Mediotrusion	Bewegung, bei der der Unterkiefer zur Mediansagittalebene hinschwenkt
kurvilinear	bezeichnet gekrümmte Bewegungsbahnen
rectilinear	bezeichnet gerade Bewegungsbahnen



I. Einleitung

Jeder prothetisch tätige Zahnarzt beobachtet die Schwierigkeiten, die bei der Zuordnung von Ober- und Unterkiefermodellen im Artikulator auftreten. Ebenso problematisch ist die Wiedergabe der funktionellen Zahnkontakte in einem Gerät, dem sowohl der biologische Regelkreis des stomatognathen Systems als auch die unterschiedliche Deformierbarkeit und Resilienz der beteiligten Gewebe fehlt. Das natürliche Streben jedes Zahnarztes muß es sein, den Zahnersatz in einem Gerät herzustellen, das eine möglichst große Annäherung an die tatsächlichen Bewegungsabläufe, die im stomatognathen System auftreten, erlaubt. Daher soll die vorliegende Arbeit anhand klinisch - pantografischer Untersuchungen Aufschluß darüber geben, ob die Artikulatoren Gnathomat, Denar D 5 A, Panadent "Model P" und Masticator die Unterkiefergrenzbewegungen im initialen Bereich der Laterallexkursionen reproduzieren können.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

II. Schrifttum

A) Einführung in das Thema

Seit dem Okkludator von GARRIOT, 1805 [66] und dem ersten Artikulator von BONWILL, 1865 [7] wurde eine große Zahl von Okkludatoren, Okkludoren, Schlottergelenk-, Mittelwert-, semi- und volladjustablen Artikulatoren und Kaubahnträgern [67, 48, 56] entwickelt, die eine Zuordnung der Ober- und Unterkiefermodelle eines Patienten in einer bestimmten Position ermöglichen sollten. Einige dieser Geräte sollten auch die individuellen Bewegungsbahnen beim Kauen nachahmen. Dies war anfangs nicht von Erfolg gekrönt, wie GYSI [30] um die Jahrhundertwende feststellte. Im Laufe der folgenden Jahrzehnte wurden zwei Systeme entwickelt, die sich grundlegend unterscheiden. Bei dem sogenannten Gleitbahnkonzept (in Nachfolge von BONWILL und MONSON baute LUCE 1910 einen gelenklosen Artikulator) werden die Zähne als entscheidend für Artikulation und Okklusion angesehen. Abrasionen dienen als Einstellanweisung für den Artikulator. Die andere Gruppe dagegen benötigt die Rotationsachse der beiden Kiefergelenke (terminale Scharnierachse) und -je nach Typ- weitere Schädelkoordinaten und Bewegungsbahnen, seit WALKER [77] 1896 die Kiefergelenke als dominierende, führende Elemente aller Unterkieferbewegungen bezeichnete.

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit Artikulatoren aus beiden Gruppen auseinander, da der

G N A T H O M A T dem Gleitbahnkonzept, der
D E N A R , P A N A D E N T und M A S T I C A T O R
dem Schädel-, beziehungsweise dem Gelenkprinzip angehören.

Während die klassischen Vertreter des Kaubahnkonzeptes WUSTROW [87] und EICHENTOPF [17] auf Imitationen der Kiefergelenke bei ihren Konstruktionen verzichteten, und sich die Bewegungsbahnen in plastische Abformmaterialien eingraben ließen, benutzten BALTERS [1], SCHRÖDER und TREBITSCH [74] gelenkige Konstruktionen mit hohen Freiheitsgraden. Nach BOETTGER [6] ist der Gnathomat ein Artikulator, der "im Prinzip nach dem Vorgehen von SCHRÖDER-TREBITSCH arbeitet".

Bei den kaubahnbezogenen Artikulatoren sind Registrare zur Einstellung der Führungselemente dieser Geräte beim Vollbezahnten eigentlich nicht erforderlich, da die Kiefermodelle anhand ihrer Schliffacetten und Abrasionsmarken ihre Kaubahn erkennen lassen. Dennoch wird zur Erhöhung der Einstellgenauigkeit zu Registraren mit lateralen Quetschbissen geraten, die unter Zahnkontakt gewonnen werden sollen [5, 6, 40, 85]. KLEINROCK et al. [40] untersuchten dieses Vorgehen und stellten fest, daß mit dieser Methode eine genauere Einstellung des Gnathomaten möglich sei.

BOETTGER [5] gibt an, daß die Einstellung der Modelle nach dem Bonwill'schen Dreieck erfolgen müsse. Weiter teilt er mit, daß die Gelenkwalzen des Artikulators "den natürlichen Gelenkwalzen am Unterkiefer entsprechen und sich nach allen Richtungen des Raumes frei bewegen lassen".

Für das Einstellen der Modelle in maximaler Interkuspidation spricht nach BOETTGERs [6] Ansicht ein Zitat GERBERs [26], der schreibt: "Wir raten davon ab, bei der Bißnahme den Unterkiefer in der kranialsten und maximal retrudierten Lage zu fixieren." Nach Ansicht von TANZER [73] wird der Unterkiefer im Berührungsfeld der Zähne nur durch die Muskulatur geführt. Das Kiefergelenk scheidet dabei als steuerndes Moment aus.

Nach den Vorstellungen der Funktionslehre (Zusammenfassung von SIEBERT [67]) muß die Möglichkeit bestehen, ein eingefahrenes und/oder pathologisches Bewegungsmuster der Kaumuskulatur zu durchbrechen, indem der neuromuskuläre Regelkreis des stomatognathen Systems unterbrochen wird. Dies geschieht am einfachsten dadurch, daß eine Berührung der Zähne vermieden oder die Berührung derartig kurz gestaltet wird, daß eine Gegenregulation der Muskulatur nicht stattfinden kann. Bei diesem Verfahren ist eine Bißsperrung zur Gewinnung interokklusaler Registrare unumgänglich. Damit die Modelle der Kiefer nach dem Entfernen des Registrates im Artikulator die gleiche Kieferrelation wie im Munde wiedergeben, muß das Oberkiefermodell schädel- und gelenkbezüglich montiert werden.

CAMPION [10] erkannte 1905 die Notwendigkeit exakter Scharnier-

achsenlokalisation, wodurch die Wiedergabe der tatsächlichen Kieferbeziehung im Artikulator ermöglicht werden sollte (Abbildung 1).



Abb. 1. Campions Apparat zur Aufzeichnung der Kondylenbahn.
(Aus: Schröder, H.: Lehrbuch der technischen Zahn-
heilkunde. Meusser, Berlin 1927)

LAURITZEN und BODNER [47] entwickelten eine praktische Methode zur exakten Scharnierachsenlokalisation. Trotz kontroverser Ansichten von KÜRBER und LANDT [42], KOHL [44] und ROSSBACH [61] kann aufgrund der Untersuchungen von BORGH und POSSELT [8, 59], FOX [22], KURTH und FEINSTEIN [45], LAURITZEN und WOLFORT [48] und SEILER [63] die Methode der Scharnierachsenlokalisation als hinreichend genau bezeichnet werden. Die genannten Autoren kommen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß

- a) die Scharnierachsenlokalisation möglichst auf Flaggen erfolgen sollte,
- b) die Scharnierachspunkte selten auf den arbiträren Punkten zu liegen kommen, und
- c) die Lokalisation in einem Bereich von maximal vier Quadratmillimetern streut.

Diese Streuung läßt sich unschwer aus biologischen Faktoren (Resilienz der Gewebe, Tonus der Kaumuskulatur) erklären (FUHR [persönliche Mitteilung]).

In mathematisch - geometrischen Berechnungen weisen BROTMANN [9]

und SLAVICEK [69] die Notwendigkeit exakter Scharnierachsen-lokalisation nach.

SLAVICEK [69] weist auch nach, daß die interokklusalen Registrare besonders dünn sein müssen, damit eine geringe Achsinkongruenz vernachlässigbar wird.

Die komplexen Bewegungsabläufe der Kondylen bei den Exkursionen des Unterkiefers stellten und stellen sich noch heute einer Wiedergabe im Artikulator entgegen.

Mit technisch ausgefeilten Konstruktionen versuchten CHRISTENSEN [11] , ELTNER [18, 19] , FEHR [21] , HANAU [32] und viele andere des Artikulationsproblems Herr zu werden.

1896 führte WALKER [77] Messungen der Unterkieferbewegungen durch (Abbildung 2).



Abb. 2. Walkers Apparat zur Feststellung der Bewegungen des Unterkiefers. (Aus: Schröder, H.: Lehrbuch der technischen Zahnheilkunde. Meusser, Berlin 1927)

Seit 1900 nahm GYSI [30] extraorale Aufzeichnungen der Unterkiefergrenzbewegungen vor.

1896 beobachtete und maß ULRICH [76] das Wandern der Drehachse bei den Seitwärtsbewegungen, später als Bennett-Bewegung bezeichnet.

1939 stellte McCOLLUM [54] seinen auf vier Platten schreibenden Pantografen vor.

Sehr ähnlich, jedoch mit zwei zusätzlichen posterior-horizontalen Schreibplatten, sind die Pantografen von STUART [71] und GUICHET [28] ausgerüstet. Letzterer ist der Recorder für den Denar - Artikulator.

Bei einigen der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Artikulatoren sind noch von Bedeutung der Fischer - Winkel und der "immediate-side-shift" .

Der "immediate-side-shift" ist Bestandteil der Bennett-Bewegung und kommt im Rahmen dieser sehr komplexen Bewegung auch nicht immer vor. GUICHET [29] gibt ein Schema (Abbildung 3) an, das die in den pantografischen Aufzeichnungen erkennbaren Auswirkungen der Bennett-Bewegung aufschlüsselt.

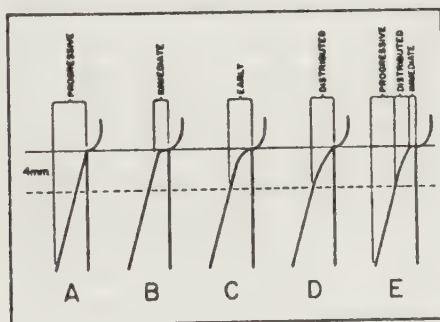


Abb. 3. Formen und Bestandteile der Bennett-Bewegung.
(Aus: Guichet, N.F.: Occlusion. Denar Corp.,
Anaheim, Calif. 1970)

Einige Untersuchungen zu Teilproblemen der Unterkieferbewegungen sind:

SLAVICEK et al. [70] stellten fest, daß der Bennett-Bewegung und dem "immediate-side-shift" keine übermäßige Bedeutung zukämen. Wichtiger sei es, genaue Zentrikregistrats zu gewinnen.

SIEBERT und KLEIN konnten für das initiale Versetzen ("immediate-side-shift") keine Werte über 2,1 mm für die Registrierung mit zentralem Stützstift und keine über 1,5 mm unter Zahnführung ermitteln. Werte über 0,4 mm unter Zahnführung müssen als pathologisch angesehen werden, da 28 von 32 Probanden Werte unter 0,4 mm aufwiesen. [68]

TUPAC [75] dagegen vertritt die Auffassung, daß nur eine induzierte Bennett-Bewegung (Druck des Behandlers auf den Kieferwinkel des Probanden/ Patienten bei der Lateralbewegung) zu störungsfreiem Zahnersatz führen könne. Seine Werte für den "immediate-side-shift" liegen daher in einem Bereich von 0 bis 3,9 mm.

Andererseits können CLAYTON, KOTOWICZ und ZAHLER [13] zeigen, daß die Bewegungsmuster beim unbeeinflussten Kauen innerhalb der nicht induzierten / nicht geführten Grenzbewegungen liegen.

WEBER [79] mißungewöhnlich große Bennett-Bewegungen, die GERBER [25] auch palpatorisch beim Kauen beobachtet. Diesem Umstand müsse bei der Artikulatorkonstruktion Rechnung getragen werden (GERBER).

Bei den pantografischen Aufzeichnungen ist es üblich, supraokklusale Schienen zu verwenden. Die dabei auftretende Bißsperrung führt nach McCOLLUM [54] und POSSELT [59] nicht zu falschen Ergebnissen, wenn die Sperrung nicht mehr als 19,2 bis 25,6 mm beträgt.

CLAYTON, KOTOWICZ und MYERS [12] untersuchten die grafischen Aufzeichnungen der Unterkieferbewegungen auf ihre Abhängigkeit von Veränderungen in der Vertikalen. Sie beobachteten, daß diese keine Auswirkungen auf die Aufzeichnungen hatte, wenn von der terminalen Scharnierachsrelation aus die Bewegungen abgefahren wurden.

WEINBERG [84a, 84b] teilt mit, daß Arcon- und Non-Arcon-Instrumente die gleichen Bewegungen zuließen. (ARCON = Artikulator CONDyle nach BERGSTRÖM [4])

BECK und MORRISON [2] geben an, daß die Reproduktionsgenauigkeit größer sei, wenn die Relation zwischen Okklusalebene und Führungselementen konstant bleibe, also sei den Arcon-Instrumenten der Vorzug zu geben.

KOECK et al. [41] nahmen Stellung zur Form der Führungsflächen bei oralen Stützstiftregistrierungen mit angesetztem Pantografen. Die Auswirkungen konkaver, planer und konvexer Führungsflächen seien gering.

Die Reproduzierbarkeit der Grenzbewegungen wurde von JACKSON [36] an drei Probanden untersucht. Er konnte dabei feststellen, daß die geführten Probanden bei Prämedikation mit Valium^R einen geringeren Widerstand bei der Aufzeichnung der Grenzbewegungen erkennen ließen, so daß sich eine Reproduktionsgenauigkeit von 83 % gegenüber 67 % bei den Messungen an nicht prämedizierten Probanden ergab.

Während in der TMJ "engraving-technique" eine stereografische intraorale Registrierung aus eigener Kraft des Patienten erfolgt und die Pantografen von STUART und GUICHET auf Schreibtafeln bestimmte Kurven aufzeichnen, entwickelte LEE [49] eine turbinengetriebene Fräsvorrichtung mit verwindungsfreien Gesichtsbögen, die in drei stabilen Plexiglasblöcken die manuell geführten Bewegungsbahnen (Grenzbewegungen und Protrusion) aufnimmt. Nach statistischer Auswertung stellten LUNDEEN et al. [15, 51] fest, daß die Bewegungsbahnen der Probanden sehr ähnlich seien, und sich nur in der Neigung der horizontalen Kondylenbahn unterschieden. Daher konnten konfektionierte Gelenkeinsätze für einen Artikulator (Model P von Panadent) geschaffen werden, die nach einer Achsiografie mit dem Quick - Analyser [58] lediglich nach transversaler Beweglichkeit ("immediate-side-shift") ausgewählt und nach der sagittalen Kondylarbahnneigung eingestellt zu werden brauchen.

DePIETRO [16] fand eine derartige Obereinstimmung der Radien der sagittalen Gelenkbahn jedoch nur bei 78 % seiner 600 untersuchten Probanden. Dabei streuten die Werte in einem Bereich von $3/8$ bis $3/4$ inch als Radius der Kreisbahnabschnitte, die die Kondylarbahn darstellt. 99 % der gemessenen Gelenkbahnen waren kurvilinear.

GYSI [30] entwickelte aus seinen umfangreichen Messungen vier Haupttypen der Kondylenbahnkrümmung (gerade bis sehr stark gekrümmt). Leider liegt nur eine Statistik über die Neigung der Kondylenbahn und nicht über die prozentuale Verteilung der Kurvenradien vor. Zu seinem Artikulator von 1908 wurden jeden-

falls vier verschiedene Schlitzführungen mit unterschiedlichen Krümmungen geliefert.

WEBER [82] erkannte, daß durch eine Aufzeichnung auf drei Schreibplatten die Bewegungen des Unterkiefers eindeutig wiedergegeben würden. Er entwickelte seit 1955 den Masticator in verschiedenen überarbeiteten Modellen [80, 81].

Als Pantograf dient ein Gerät mit einer horizontal-median-anterioren Schreibplatte sowie zwei rechts und links angebrachten vertikal-anterioren Schreibplatten. Durch die Lage dieser Schreibplatten ist eine starke Vergrößerung der Kurven bedingt ("Storchschnabel-Prinzip"). Die Registrierung erfolgt derart, daß nur ein geringer Zeigerausschlag und damit nur der initiale Teil der Grenzbewegungen aufgezeichnet wird.

In überwiegend theoretischen Betrachtungen haben mehrere Autoren und Arbeitsgemeinschaften Forderungen an Artikulatoren aufgelistet:

1930 stellte die "Society of Denture Prosthetists" eine Liste (in HIGH et al. [33] und bei KINGERY [39]) von den einstellbaren Faktoren der Artikulatoren auf. Darunter:

- a) Das Instrument soll so einstellbar sein, daß die Zähne im Artikulator sich in derartigen Bahnen bewegen, daß sie im Munde eine harmonische Funktion erlauben.
- b) Es sollen Einstellmöglichkeiten zur Funktionsanalyse und zur Speicherung der Meßwerte vorhanden sein.
- c) Alle Führungselemente des Instrumentes sollen unabhängig voneinander einstellbar sein, besonders für Protrusions- und Laterotrusionsbewegungen, einschließlich der Bennett-Bewegung.
- d) Alle Führungselemente des Gerätes sollen mit Kalibrierungen versehen sein, damit ein Wiedereinstellen der gefundenen Werte möglich ist.
- e) Es soll ein Hilfsmittel für den regelrechten Einbau der Modelle enthalten sein.

BECK [3] gibt an, die Artikulatoren könnten die Unterkieferbewegungen nur simulieren, jedoch nicht total wiedergeben. Zudem sei das Artikulationskonzept ausschlaggebend für die Wahl des Artikulators.

MAROLT [52] fordert vom "anatomisch-korrekten" Artikulator einstellbare Kondylenbahnen und naturgetreue Wiedergabe der koordinierten Funktionen des Kiefergelenkes in Verbindung mit dem Unterkiefer. Er beobachtet Schwierigkeiten bei der Registrierung, da auf unterschiedlich lokalisierten Schreibplatten unterschiedliche Kurven erzeugt würden. Da das Kiefergelenk ein modifiziertes Kugelgelenk sei, müsse theoretisch ein entsprechend konstruierter Artikulator hinreichend funktionstüchtig sein.

ENGELHARDT [20] erinnert an die Einteilung in semi- und volladjustable Artikulatoren, wovon letztere dem größeren Informationsanspruch in schwierigen Fällen gerecht würden.

ZORCHER und GERBER [88] beobachten eine große Bewegungsbreite im Kiefergelenkbereich, die durch geeignete Artikulatorkonstruktionen simuliert werden müßte. Die Realisation sei durch die Condylatormodelle 4, 5 und 6 gegeben, während der Masticator nur rectilinear arbeite.

In zwei Arbeiten berechnen HOFMANN et al. [35] die Auswirkungen von Übertragungsfehlern beim Programmieren von Artikulatoren:

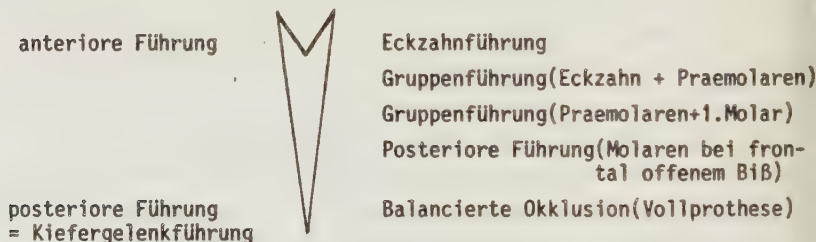
- a) Es ist eine Einstellung der sagittalen Kondylenbahnneigung auf fünf Grad genau erforderlich.
- b) Abweichungen der Montageachse von der terminalen Scharnierachse von mehr als fünf Millimetern führen zu nicht mehr vertretbaren Fehlern.
- c) Fehlmessungen des Bennett-Winkels können durch zu niedrige Werte zu großen vertikalen (!) Fehlern führen.
- d) Der Interkondylarabstand des Artikulators ist im wesentlichen vernachlässigbar, wenn er kleiner als der des Probanden ist.

GEERING [24] versucht eine Klassierung der Artikulatoren und stellt nach theoretischen Überlegungen fest:

"Es werden in Dissertationen und anderen Publikationen immer wieder Versuche unternommen, Artikulatoren zu qualifizieren. Manche dieser Arbeiten gehen von der falschen Voraussetzung aus, daß ein genau arbeitendes Instrument auch richtig arbeite. Dieses führt zu falschen Schlußfolgerungen, zu Fehlinformation und zur Verunsicherung des Zahnarztes und des Zahntechnikers."

SIEBERT [67] und FUHR und SIEBERT [23] halten eine Auswahl des jeweils indizierten Artikulators nach funktionellen Gesichtspunkten für angemessen (Dominanz der Führung).

Nach dem Schema:



soll die Pfeilrichtung die erhöhten Anforderungen an die Wiedergabegenauigkeit der Bewegungen im Bereich des Kiefergelenkes symbolisieren, d.h. am Anfang des Pfeiles steht der Mittelwertartikulator, am Ende der volladjustable Artikulator.

B) Andere Untersuchungen über Artikulatoren

Wie GYSI [31] mitteilt, konnte er mit der gleichen Vorrichtung (Haifischzähne aus Neusilberblech in einem Gipsklotz montiert), mit der er seine Zahnformen entwickelte, auch Aussagen über die Funktionstüchtigkeit eines Artikulators machen. Er beschäftigte sich besonders im Zusammenhang mit der Konstruktion von Inzisaltellern mit diesem Verfahren, bei dem in Gips-oder Wachsblöcke die Bewegungsbahnen des Artikulators eingesägt wurden.

MOSER, MACK und HOLZMANN [57] heben die Registriermethode mit dem Stuart-Recorder als sehr genau hervor.

Dagegen hält WATT [78] pantografische Aufzeichnungen als Einstellanweisung für Artikulatoren grundsätzlich für ungeeignet, da bei seiner Untersuchung verschiedene Anwender zu jeweils unterschiedlichen Einstellungen des Denar D 5 A - Artikulators gelangten.

COYE [14] schreibt: "Seit ihrer Einführung war der Wert der pantografischen Aufzeichnung von Unterkieferbewegungen nicht klar, weil es an wissenschaftlichen Untersuchungen über die Einstellgenauigkeit von Aufzeichnung und Artikulator fehlte." Er ließ deshalb sieben Zahnärzte verschiedene Übungsprogramme am Denar D 5 A - Artikulator einstellen und stellte dabei fest, daß die größten Abweichungen am "top-wall-adjustment" vorkamen, was aber wegen der geringen Auswirkungen auf die Bewegungsabläufe im Artikulator von untergeordneter Bedeutung sei. Die übrigen Einstellungen wiesen unbedeutende Fehler auf.

MENSOR [55] unternahm den Versuch, mittels des Denar-Pantografen die Genauigkeit der stereografischen "engraving technique" des TMJ nachzuweisen.

KOTOWICZ, CLAYTON und SMITH [43] führten während eines Zeitraumes von drei Monaten wiederholt pantografische Aufzeichnungen mit mehreren Probanden und die zugehörigen Artikulareinstellungen durch. Dabei konnten sie feststellen,

daß die gewonnenen Einstellungen in einem derartig geringen Bereich streuten, daß die Abweichungen klinisch bedeutungslos waren. Gleichzeitig stellten sie fest, daß die in den Denar-Clutches vorhandenen "Bahnen" die Aufzeichnungen nicht signifikant veränderten.

KIENER [38] führte Untersuchungen über die "Reproduktion der Unterkiefergrenzbewegungen ...bei vier gebräuchlichen Artikulatoren" (Condylator, Dentatus, Masticator und Whip-mix) an zwei Probanden durch. Als Referenzgerät verwendete er den Meßbogen des Masticator. Er stellte fest, daß der Masticator von den untersuchten Geräten den aufgezeichneten Grenzbewegungen am besten zu folgen vermochte.

SIEBERT [65] ließ die Artikulatoren Condylator, Dentatus, Stuart und TMJ untersuchen. In der vergleichenden pantografischen Untersuchung wies er an sieben Probanden nach, daß von den untersuchten Artikulatoren nur der Stuart den Aufzeichnungen der Probanden zu folgen vermochte.

SCHUBRING [62] verfuhr ähnlich dem in der vorliegenden eigenen Arbeit beschriebenen Vorgehen. Er verglich die auf den horizontal-anterioren Platten des Stuart-Recorders wiedergegebenen Grenzbewegungen dreier Probanden, deren Kiefermodelle in die Artikulatoren Denar, Dentatus, Stuart und Whip-Mix eingesetzt wurden. Danach sei allein der Stuart-Artikulator in der Lage, den Patientenaufzeichnungen zu folgen.

WINSTANLEY [86] untersuchte nur den Denar, stellte aber fest, daß der Artikulator den Aufzeichnungen des Denar-Recorders nur annähernd zu folgen vermag. Er fand außerdem heraus, daß die Einstellung mit zunehmender Übung erleichtert werde.

MAROLT [52] verwendete eine spezielle Registriervorrichtung, mit der er anatomisch-korrekte Artikulatoren (Dentatus, Hanau, Brandrup-Wagnsen und McCollum) von anatomisch-physiologisch unkorrekten (Gerber, Schroeder-Trebitsch, Kaubahnträger von Wustrow) trennte.

Wiewohl sich HOBO, SHILLINGBURG und WHITSETT [34] ausführlich äußern bezüglich der Anwendbarkeit bestimmter Artikulatoren für bestimmte Zwecke, enthält die Arbeit leider keinen Hinweis darauf, wie diese Erkenntnisse gewonnen wurden (Tabelle I).

Tabelle I. Eignung der Artikulatoren für bestimmte Behandlungsgänge.

<i>Treatment use</i>	<i>Articulator</i>	<i>Manufacturer</i>
Single restorations	1. Simplex articulator	Dentsply International, Inc., York, Pa.
	2. Laboratory technical device (LTD)	Teledyne Dental (Hanau Div.), Buffalo, N. Y.
Multiple restorations, fixed partial dentures, and minimal occlusal pathology	3. Steele's articulator	Columbus Dental Mfg. Company, Columbus, Ohio
	1. Mark II articulator	Denar Corporation, Anaheim, Calif.
	2. ARH articulator	A B Dentatus, Hägersten, Sweden (available through Almore Mfg. Company, Portland, Ore.)
	3. H-2 articulator	Teledyne Dental (Hanau Div.), Buffalo, N. Y.
	4. New Occlusomatic articulator	Shizai International, Inc., Tokyo, Japan (available through U. S. Shizai Corporation, Los Angeles, Calif.)
	5. Teledyne articulator	Teledyne Dental (Hanau Div.), Buffalo, N. Y.
Multiple restorations in opposing quadrants, full-mouth reconstruction, and extensive occlusal pathology	6. Whip-Mix articulator	Whip-Mix Corporation, Louisville, Ky.
	1. Aderer simulator	J. Aderer, Inc., Long Island City, N. Y.
	2. D S-A articulator	Denar Corporation, Anaheim, Calif.
	3. Model P	Panadent Corporation, Colton, Calif.
	4. Stuart articulator	C. E. Stuart, Ventura, Calif.
	5. TMJ articulator	TMJ Instrument Company, Inc., Thousand Oaks, Calif.

(Aus: HOBO, SHILLINGBURG, WHITSETT [34])

Eine ähnliche Schematisierung entsprechend der Anzahl der Einstellelemente bietet RIHANI [60], der als semiadjustable Artikulatoren alle Geräte einstuft, die drei Einstellparameter benötigen, nämlich Übertragungsbogen, Kieferrelationsbestimmung und Protrusionsregistrat. Artikulatoren, die nicht alle drei Einstellparameter aufnehmen können, werden von RIHANI als nicht-adjustabel bezeichnet. Als voll-adjustabel sollte jeder Artikulator bezeichnet werden, der fünf Einstellparameter zuläßt: Übertragungsbogen, Kieferrelationsbestimmung, Protrusionsregistrat, Lateralregistrat und Variation der Interkondylardistanz.

Da über einige Artikulatoren widersprüchliche oder noch gar keine Untersuchungen vorliegen, wurden als Ergänzung der Arbeit von

SIEBERT [65] vier Artikulatoren ausgewählt, die in der letzten Zeit an Bedeutung gewannen.

Es ergab sich somit als Ziel dieser Arbeit, die Artikulatoren Gnathomat, Denar, Panadent und Masticator zu untersuchen.

III. Methodik und Material

Von zwölf vollbezahnten oder mit festsitzendem Zahnersatz versorgten Probanden zwischen fünfzehn und einunddreißig Jahren wurden Abformungen der Zahnreihen mit Alginat (Xantalgin[®]) gewonnen, nach Herstellervorschrift mit Superhartgips (Die-keen[®] oder Vel-mix-stone[®]) ausgegossen und durch Dublieren mit Dubliplast[®]-Masse jeweils vier identische Modellpaare gewonnen. Die Modellpaare wurden nach den verschiedenen Montagethoden

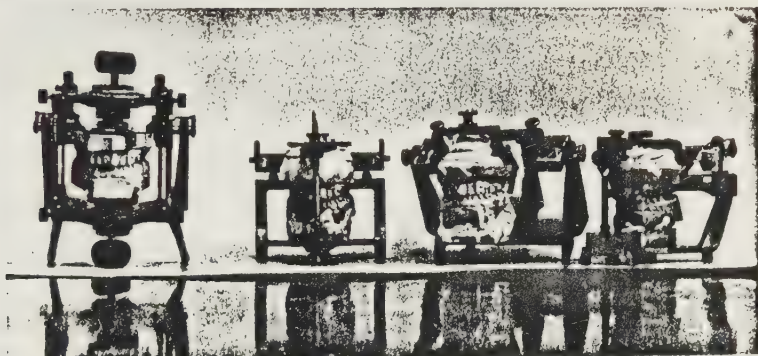


Abb. 4. Die untersuchten Artikulatoren von links nach rechts: Gnathomat, Panadent, Masticator und Denar D 5 A.

in die zu untersuchenden Artikulatoren (Abbildung 4) eingebaut. Dabei wurde wie folgt verfahren:

- A) 1. Eingipsen eines Clutches des Quickanalysers des Panadent-systems im Unterkiefer des Probanden, Anbringen von Flaggenhalter und Scharnierachsenlokalisatoren, Lokalisation der terminalen Scharnierachse, dreimaliges Aufzeichnen jeder Protrusionsbahn, Messen des "immediate-side-shift" mit dem angegebenen Handgriff (Druck auf den Kieferwinkel. Dieser Druck ist nach einer persönlichen Demonstration von R.L. Lee wesentlich geringer als er aussieht!), Anzeichnen des Referenzpunktes am Nasenflügel (Abbildung 5), Entfernen des Flaggenhalters, Markieren der Scharnierachspunkte auf der Haut praeauriculär, Entfernen des Clutches.

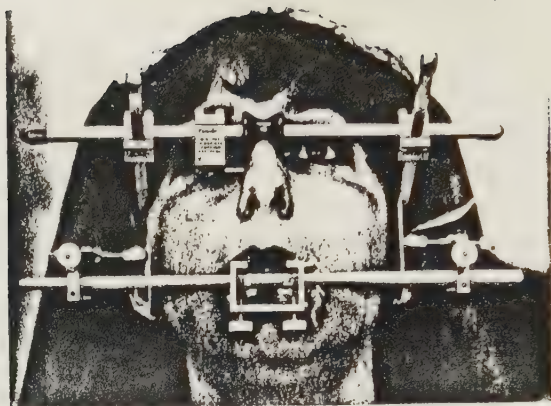


Abb. 5. Probandin mit Flaggenhalter bei der Achsiografie

2. Montage des Oberkiefermodells mit einem Übertragungsbogen nach der markierten Referenzebene in das Oberteil des Panadent-Artikulators.
3. Auswertung der Aufzeichnungen wie in der Panadent-Arbeitsanleitung angegeben und Auswahl der entsprechenden Condylar-Blöcke (Motion-Analogs) und Einstellen des Artikulators.
4. Kieferrelationsbestimmung in einer Modifikation der Methode von LUCIA [50] mit einer Zinnplatte, anteriorem Jig, und Zink-Oxid-Neikenöl-Harz-Paste, in der die Höckerspitzen der Zähne des Ober- und Unterkiefers wiedergegeben werden.
5. Eingipsen des Unterkiefermodells mit so weit angehobenem Stützstift, daß nach dem Entfernen des Registrats Artikulatorober- und -unterteil parallel stehen.
- B) 6. Herstellen der Clutches und Anlegen des Denar-Recorders wie im "Teaching Atlas" [28] beschrieben. Aufzeichnen der lateralen Grenzbewegungen und der Protrusionsbahn. Verschlüsseln von Ober- und Unterteil des Recorders in der terminalen Scharnierachsrelation. Einstellen der Referenzebene.
7. Ansetzen des Recorders an den Denar D 5 A - Artikulator. Eingipsen des unteren Clutches. Im Oberteil Einsetzen und Eingipsen des Oberkiefermodells. (Abbildung 6)
8. Entfernen der Verschlüsselung und Programmieren des Denar D 5 A - Artikulators.

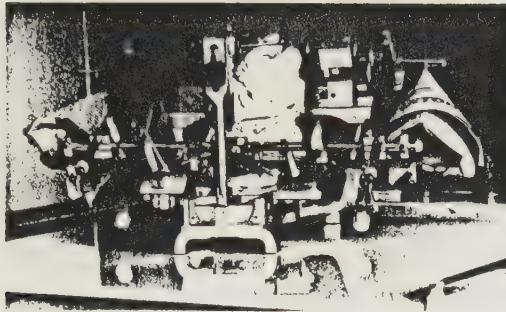


Abb. 6. Denar D 5 A - Artikulator mit Recorder.

9. Entfernen des Recorders und Montage eines Unterkiefermodells mit Kieferrelationsbestimmung in der Modifikation nach LUCIA [50](vergl. 4.!).
- C)10. Herstellen der Clutches und anlegen des Messbogens für den Masticator wie in der Masticator-Gebrauchsanweisung beschrieben [83]. Aufzeichnen der lateralen Grenzbewegungen, so daß auf der anterior-horizontalen Schreibplatte ein Zeigerausschlag von etwa einem Zentimeter entsteht und aufzeichnen der Protrusionsbahn. Blockieren der Feststellschraubendes Messbogens in der terminalen Scharnierachsenrelation. Abnehmen vom Probanden.
11. Anwachsen der Modelle an den Clutches, anbringen des Gesichtsbogens am Masticator, nach der Mediansagittalebene ausrichten und eingipsen der Modelle. Dabei wurde versucht, das Oberteil des Messbogens so genau auf die registrierten Punkte auszurichten, daß die Verwendung der Kompensationsplatte nicht erforderlich wurde. (Abbildung 7)
12. Einstellen des Artikulators.
- D)13. Die Bedienung des Gnathomat erfolgte nach der Gebrauchsanweisung [27], Vorschlägen von KLEINROCK et al. [40], BOETTGER [6] und einer persönlichen Einweisung durch die Herstellerfirma:
 - a) Einsetzen des Unterkiefermodells mittels Fundamentenwaage
 - b) Einsetzen des Oberkiefermodells in maximaler Inter-

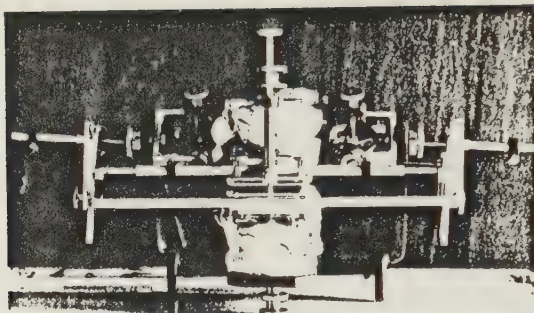


Abb. 7. Masticator bei der Modellmontage.

kuspitation (IOP)

- c) Einstellen der "Bennett-Klappen" und der "Sagittalen-Begrenzung" durch laterale "Wachsbisse".
14. Zusätzlich wurden an einem Probanden vierundzwanzig "Wachsbisse" genommen, damit eine Aussage über die Genauigkeit dieses Einstellverfahrens gemacht werden konnte.
15. Ansetzen des "mandibular movement recorders" von STUART wie im Anleitungsbuch beschrieben [72].
Der Stuart - Recorder mußte für die vorgesehene Aufgabe modifiziert werden:
 - a) Unterkiefer - Clutch mit zentralem Stützstift,
 - b) Oberkiefer - Clutch plan, damit bei nicht korrekter Mittenzentrierung des Stützstiftes im Zenit der Kalotte keine Verfälschungen der Bewegungsbahnen auftreten konnten.
 - c) Im Oberteil des Recorders mußte eine längere Querstange (32 cm) Anwendung finden, damit der Recorder auch an den sehr breiten (21,5 cm) Masticator angesetzt werden konnte. Dadurch war eine starke Vergrößerung der Bewegungsbahnen auf den horizontal-posterioren und den vertikal-posterioren Platten bedingt.
16. Aufzeichnen der Bewegungsbahnen des Unterkiefers auf drei Plattenpaaren. Entfernen des Recorders vom Probanden.
17. Anbringen von einquadratzentimetergroßen Stücken Millimeterpapiers auf den Schreibplatten. Die Platten wurden fortlaufend nummeriert (Aufschluß über den Probanden) und mit einem "0" für "Originalaufzeichnung" markiert.

18. Fotografische Dokumentation auf orthochromatischem Schwarzweiß-Film.
19. Anlegen des Stuart - Recorders an die im Panadent (=P) montierten Modelle, erneute Aufzeichnung mit den gespeicherten Werten und fotografische Dokumentation.
20. Vorgang wie unter 19. beschrieben mit Denar D 5 A - Artikulator (Markierung mit 8).
21. Vorgang wie unter 19. beschrieben mit Masticator (=M).
22. Vorgang wie unter 19. beschrieben mit Gnathomat (=G). (Abb. 8)



Abb. 8. Gnathomat mit angelegtem Stuart-Recorder.

23. Die Aufnahmen der Originalaufzeichnungen wurden im gewünschten Abbildungsmaßstab projiziert und durchgezeichnet.
24. Mit einem leicht verschwenkbaren Vergrößerungsapparat wurden die anhand der Millimeterpapierstücke präzise eingestellten Aufnahmen der Bahnen der genannten vier Artikulatoren auf die Bahnen der Originalaufzeichnungen derart projiziert, daß die Nullpunkte zur Deckung kamen. Wegen Abweichungen von der Scharnierachse, die durch die verschiedenen Montagethoden bedingt waren, mußten Parallelverschiebungen entlang den Plattenkanten vorgenommen werden, damit sich die Nullpunkte deckten und Abweichungen vom Kurvenverlauf dargestellt werden konnten.

IV.A) Ergebnisse

Zur besseren Orientierung zeigt die Abbildung 9 die räumliche Anordnung der Schreibplatten.

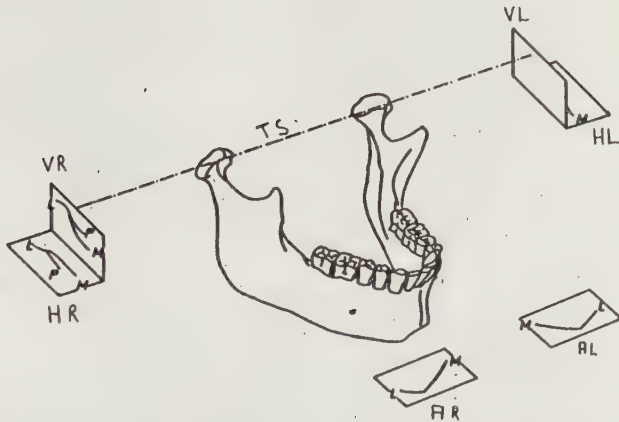


Abb. 9. Räumliche Anordnung der Schreibplatten des Stuart-Recorders.

- TS Terminale Scharnierachse
 - M Mediotrusionsbahn
 - L Laterotrusionsbahn
 - P Protrusionsbahn
 - VR vertikal-posteriore Platte, rechte Seite
 - HR horizontal-posteriore Platte, rechte Seite
 - AR horizontal-anteriore Platte, rechte Seite
 - VL vertikal-posteriore Platte, linke Seite
 - HL horizontal-posteriore Platte, linke Seite
 - AL horizontal-anteriore Platte, linke Seite
- (Verändert nach Engelhardt, J.P.: Die Auswahl des richtigen Artikulators bei der Funktionsanalyse.[20])

In den folgenden Abbildungen 10 bis 14 sind die Originalaufzeichnungen und die Aufzeichnungen der vier untersuchten Artikulatoren fotografisch wiedergegeben. Es handelt sich um die exemplarische Einzelwiedergabe der Aufzeichnungen des zwölften Probanden.

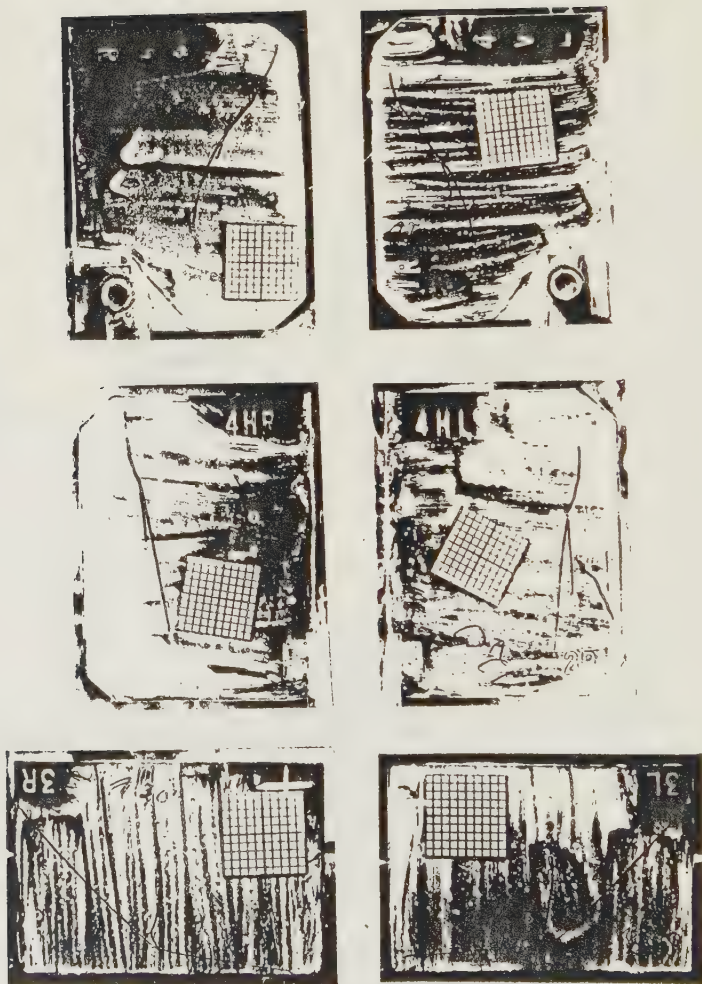


Abb. 10. Fotografische Wiedergabe der Originalaufzeichnungen ("0")
mit dem Stuart - Recorder; Proband 12.

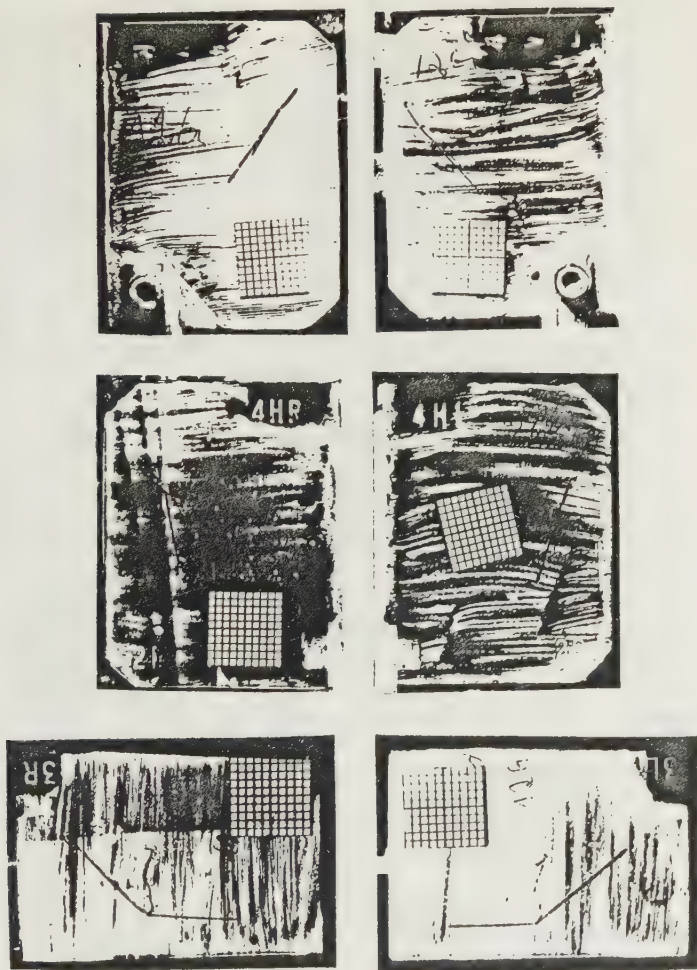


Abb. 11. Fotografische Wiedergabe der Artikulatorkennlinien des Gnathomat ("G"); Proband 12.

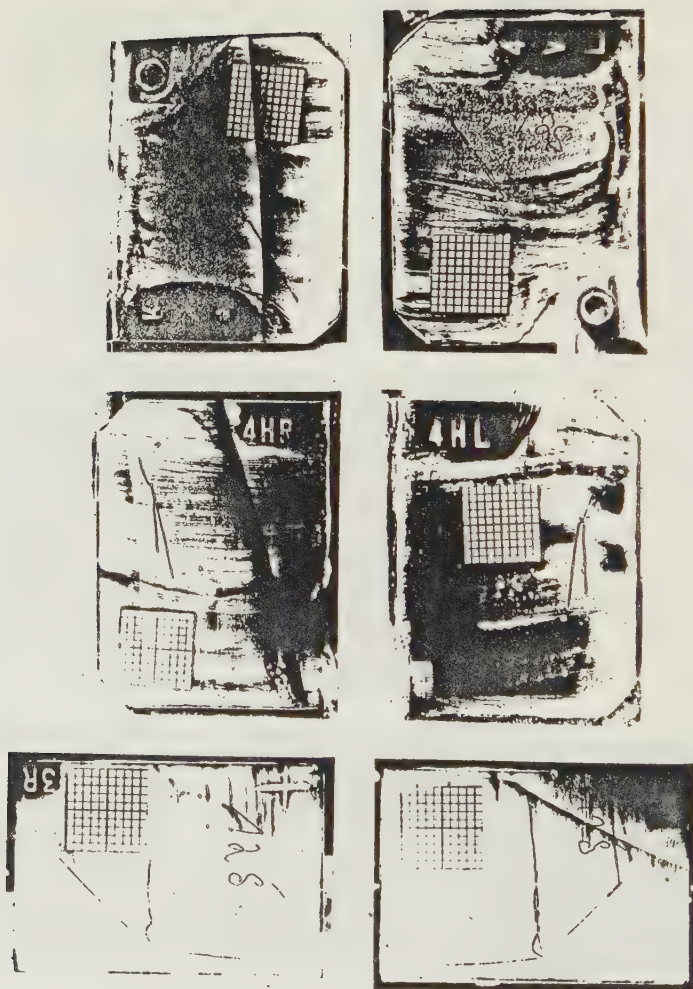


Abb. 12. Fotografische Wiedergabe der Artikulatorkennlinien
des Denar D 5 A - Artikulators ("♂"); Proband 12.

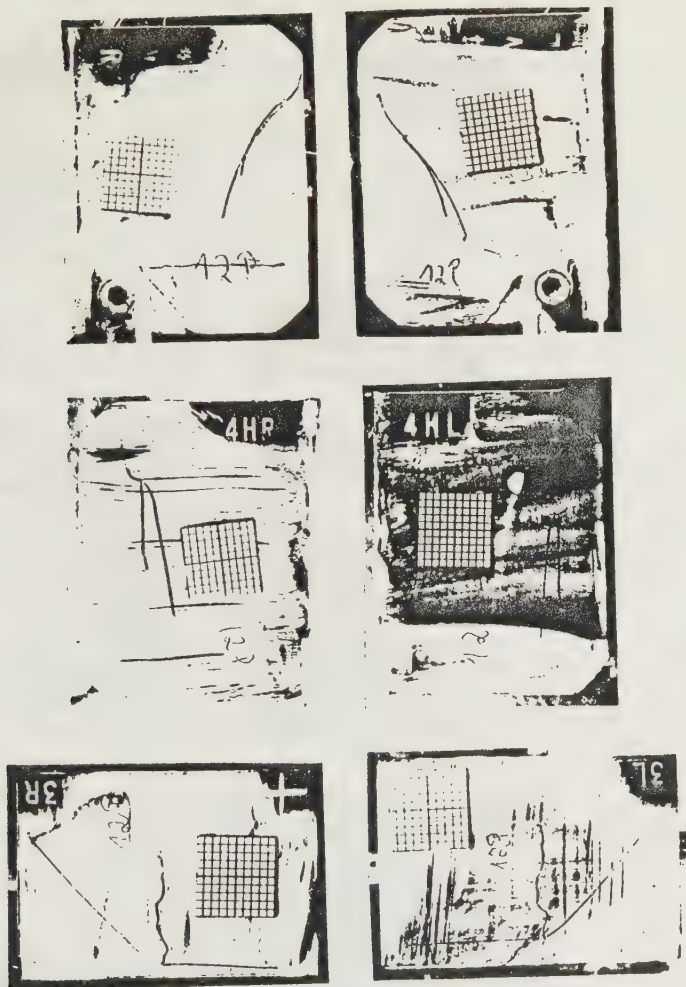


Abb. 13. Fotografische Wiedergabe der Artikulatorkennlinien
des Panadent "Model P" - Artikulators ("P");
Proband 12.

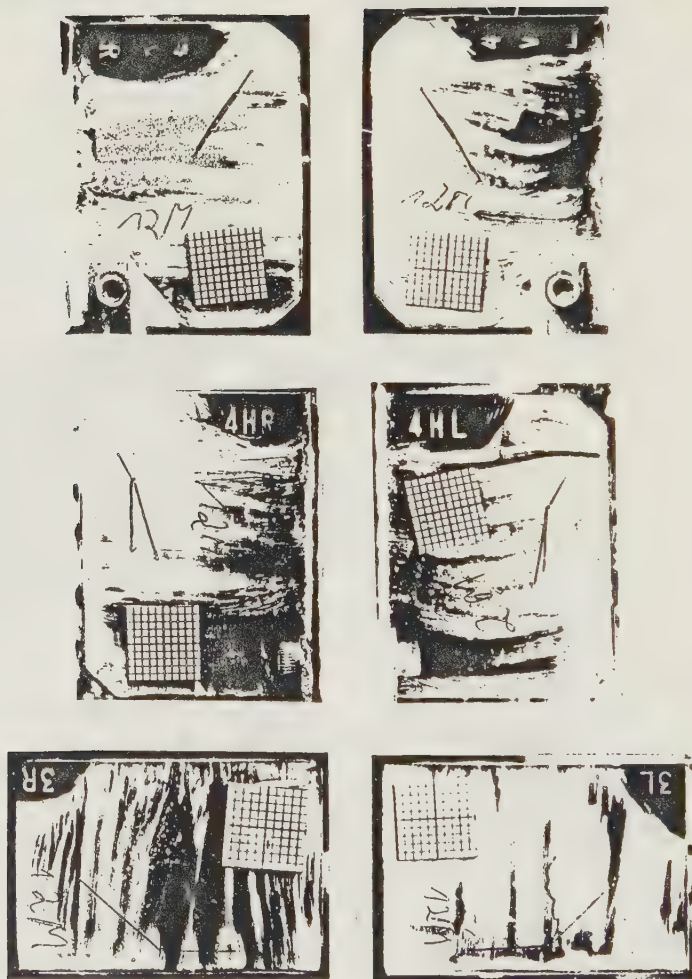


Abb. 14. Fotografische Wiedergabe der Artikulatorkennlinien
des Masticator ("M"); Proband 12.

Zum besseren Verständnis der grafischen Wiedergaben der Ergebnisse wird zunächst anhand des wahllos herausgegriffenen Probanden 6 eine detaillierte Beschreibung der pantografischen Darstellungen gegeben (Abbildung 15a bis 18b).

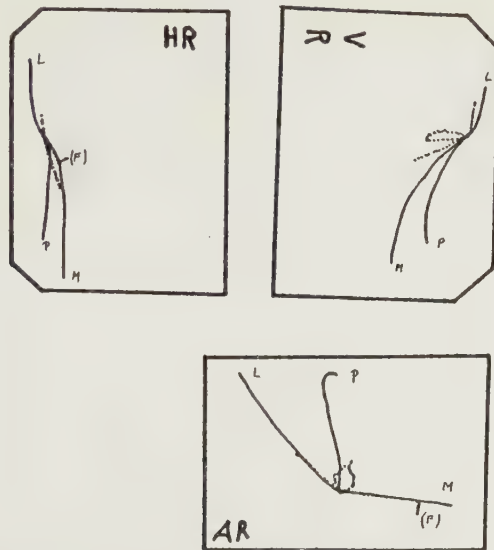


Abb. 15a. Einzelbesprechung Gnathomat, Proband 6, rechte Platten.

HR horizontal-posteriore Platte: während die Artikulator-kennlinie der Mediotrusionsbahn (M) direkt auf der Originalkurve liegt (Endpunkt durch "Fähnchen"(F) markiert), weicht die Laterotrusionsbahn (L) deutlich nach median ab.

VR vertikal-posteriore Platte: weder Mediotrusion (M) noch Laterotrusion (L) werden vom Gnathomat nachgefahren. Der Artikulator gibt eine sehr viel steilere Gelenkbahnneigung an als tatsächlich vorhanden.

AR horizontal-anteriore Platte: der Gnathomat verfolgt die Medio- und Laterotrusionsbahn exakt.

(Anmerkung: es ist hier deutlich zu erkennen, daß eine Überprüfung der Artikulatorkennlinien/ Reproduktionsgenauigkeit nicht allein auf den horizontal-anterioren Platten erfolgen darf, da sich im posterioren Bereich deutliche Abweichungen ergeben können, obwohl die Bewegungen auf den anterioren Platten exakt wiedergegeben werden!)

Die Protrusionsbahnen (P) werden vom Gnathomat nicht wiedergegeben.

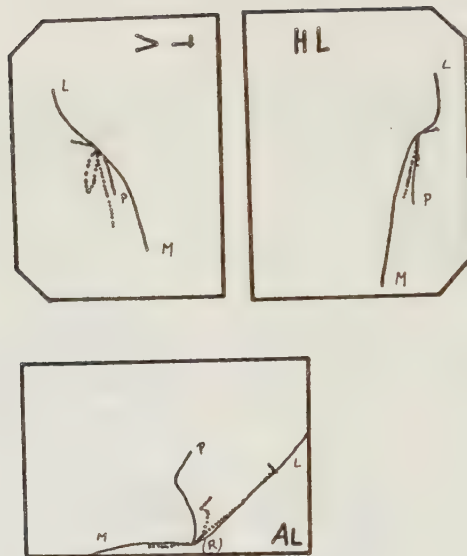


Abb. 15b. Einzelbesprechung Gnathomat, Proband 6, linke Platten.

HL horizontal-posteriore Platte: der Gnathomat gibt die Mediotrusionsbahn (M) in einer nur angenäherten Bahn wieder. Die charakteristische Krümmung der Kurve wird nicht nachvollzogen. Bei der Laterotrusionsbahn (L) fällt auf, daß der initiale starke seitliche Versatz angedeutet, der weitere Verlauf der Kurve jedoch nicht wiedergegeben wird.

VL vertikal-posteriore Platte: weder Mediotrusions- noch Laterotrusionsbahn werden annähernd wiedergegeben.

AL horizontal-anteriore Platte: die durch die starke Lateralbewegung des sogenannten "ruhenden Kondylus" hervorgerufene Rundung (R) an der Spitze des Registrates wird nicht nachvollzogen. Erst weiter intermediär wird eine Deckung der Kurven sichtbar. Die Ventralkrümmung der Mediotrusionsbahn wird nahezu erreicht.

Außer auf der horizontal-posterioren Platte werden die Protrusionsbewegungen nicht wiedergegeben.

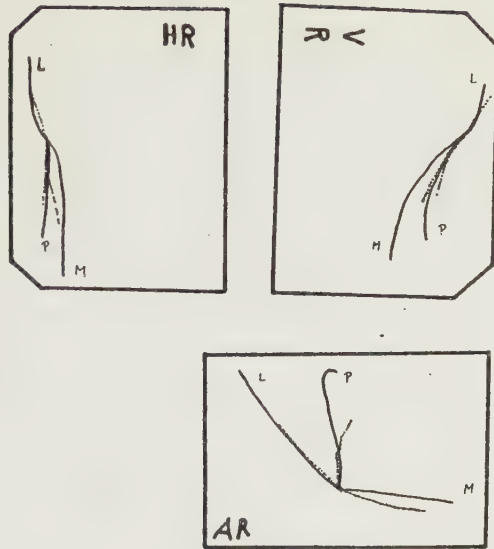


Abb. 16a. Einzelbesprechung Denar, Proband 6, rechte Platten.

HR horizontal-posteriore Platte: der nach einwärts führenden Mediotrusionsbahn (M) folgt der Denar - Artikulator nicht (gepunktet). Die gekrümmte Laterotrusionsbahn (L) wird ebenfalls nicht nachgefahren, sondern geschnitten.

VR vertikal-posteriore Platte: während die Mediotrusionsbahn und die Protrusionsbahn (P) in sanften Kurven verlaufen, bilden die Artikulatorkennlinien Gerade, die deutlich auf die Endpunkte der Kurven zeigen. Der abknickenden Laterotrusionsbahn vermag der Denar nicht zu folgen.

AR horizontal-anteriore Platte: während der Denar-Artikulator der Laterotrusionsbahn dicht folgt, zeigt sich bei der Mediotrusionsbahn deutlich, daß der Denar-Artikulator eine weiter dorsal gelegene Bahn verfolgt.

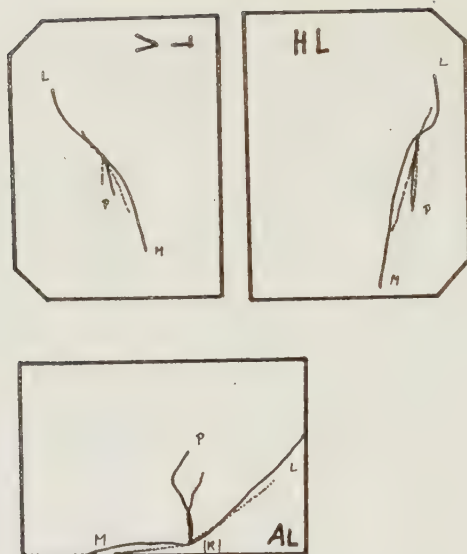


Abb. 16b. Einzelbesprechung Denar, Proband 6, linke Platten.

HL horizontal-posteriore Platte: der nach einwärts führenden Mediotrusionsbahn (M) folgt der Denar-Artikulator nicht, sondern er schneidet sie. Bei der Pantografie mit dem Stuart-Recorder ergab sich eine starke Lateralbewegung bei der Laterotrusionsbahn (L), die der Denar-Artikulator in der Krümmung nicht nachvollziehen kann, sondern nur in der Richtung annähernd wiedergibt.

VL vertikal-posteriore Platte: bei der Mediotrusionsbahn (M) und der Laterotrusionsbahn (L) ergibt sich auch bei der Vergrößerung keine klare Trennung der Bahnen im initialen Bereich. Im weiteren Verlauf ist die Artikulatorkennlinie deutlich rectilinear.

AL horizontal-anteriore Platte: die bei der Laterotrusion durch die starke Lateralbewegung des sog. "ruhenden Kondylus" hervorgerufene Rundung (R) an der Spitze des Registrates und die Ventralkrümmung bei der Mediotrusion werden nicht nachvollzogen.

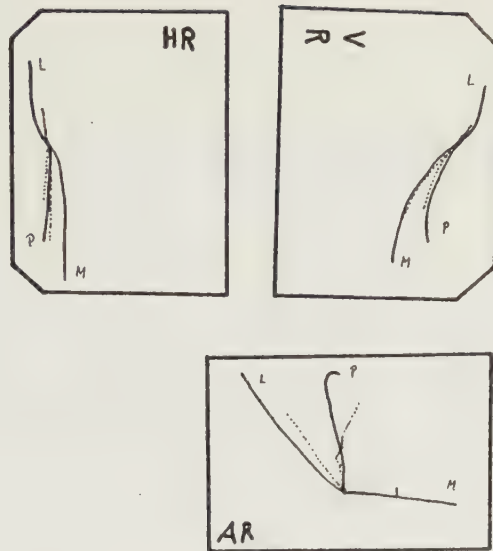


Abb. 17a. Einzelbesprechung Panadent, Proband 6, rechte Platten.

HR horizontal-posteriore Platte: die Einwärtskrümmung der Mediotrusionsbahn und die Lateralbewegung der Laterotrusionsbahn (L) werden nicht nachvollzogen.

VR vertikal-posteriore Platte: Mediotrusions- und Protrusionsbahn werden in kurvilinearen Bahnen annähernd verfolgt, ebenso die Laterotrusionsbahn.

AR horizontal-anteriore Platte: die Mediotrusionsbahn wird exakt reproduziert. Die Artikulatorkennlinie liegt bei der Laterotrusion weiter ventral als die Originalaufzeichnung.

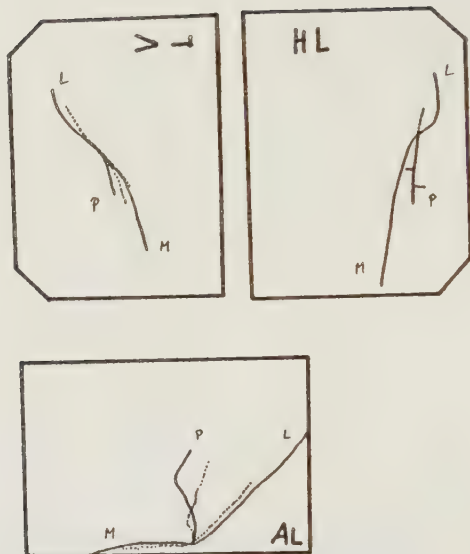


Abb. 17b. Einzelbesprechung Panadent, Proband 6, linke Platten.

HL horizontal-posteriore Platte: die Artikulatorkennlinie der Mediotrusionsbewegung wird nicht exakt wiedergegeben, sondern sie liegt auf der Protrusionsbahn. Die starke Lateralbewegung bei der Laterotrusionsbewegung wird nicht reproduziert.

VL vertikal-posteriore Platte: die Mediotrusionsbahn wird genau reproduziert, die Laterotrusionsbahn nur initial in einem sehr kurzen Abschnitt und die Protrusionsbewegung gar nicht wiedergegeben.

AL horizontal-anteriore Platte: bei der Mediotrusionsbewegung liegt die Artikulatorkennlinie dorsal von der Originalaufzeichnung. Bei der Laterotrusionsbewegung gibt der Panadent eine weiter ventral gelegene Bahn als der Proband wieder.

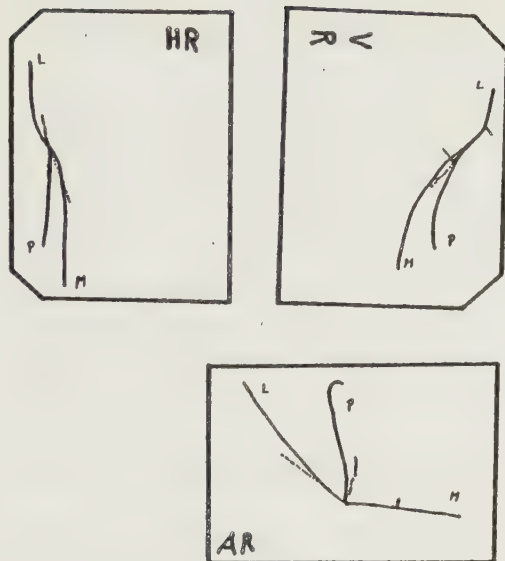


Abb. 18a. Einzelbesprechung Masticator, Proband 6, rechte Platten.

HR horizontal-posteriore Platte: der Masticator gibt die Krümmung der Mediotrusionsbahn (M) nur rectilinear, sozusagen als Mittelwert der gesamten Bahn wieder. Die Laterotrusionsbahn wird nicht reproduziert. Die Protrusionsbahn (P) wird wiedergegeben.

VR vertikal-posteriore Platte: die Artikulatorkennlinien decken sich initial mit den Aufzeichnungen der Grenzbewegungen. Bei der Mediotrusionsbahn muß die Artikulatorkennlinie als Mittelwert zum gesamten Kurvenverlauf angesehen werden.

AR horizontal-anteriore Platte: die Mediotrusionsbahn liegt vollständig, die Laterotrusionsbahn initial sechs Millimeter auf der Originalaufzeichnung.

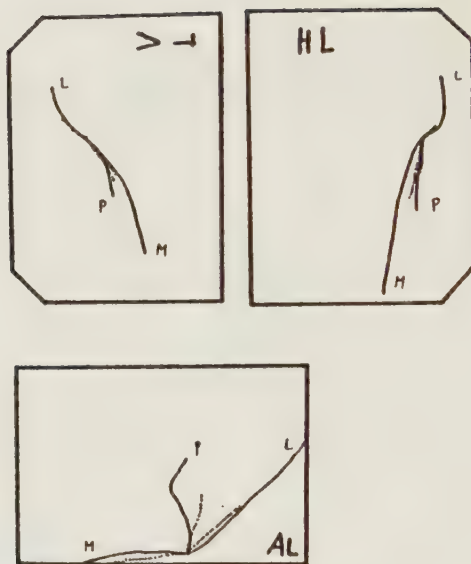


Abb. 18b. Einzelbesprechung Masticator, Proband 6, linke Platten.

HL horizontal-posteriore Platte: die Mediotrusionsbahn wird vom Masticator nicht wiedergegeben. Die starke Lateralbewegung bei der Laterotrusionsbahn wird gut und die Protrusionsbahn ebenfalls gut wiedergegeben.

VL vertikal-posteriore Platte: alle Artikulatorkennlinien liegen -zumindest initial- auf den Bewegungsbahnen des Probanden.

AL horizontal-anteriore Platte: der Ventralkrümmung der Mediotrusionsbahn vermag der Masticator nicht zu folgen. Der durch die starke Lateralbewegung entstandenen Rundung an der Spitze des Registrates vermag der Masticator bei der Laterotrusionsbahn nicht zu folgen, nähert sich der Kurve jedoch.

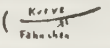
In den Abbildungen 19 bis 42 sind die Durchzeichnungen sämtlicher Originalaufzeichnungen mit den daraufprojizierten Artikulatorkennlinien wiedergegeben. Abbildung 19 bis 24 zeigt die Gnathomat-, Abbildung 25 bis 30 die Denar-, Abbildung 31 bis 36 die Panadent- und Abbildung 37 bis 42 die Masticatoraufzeichnungen aller zwölf Probanden.

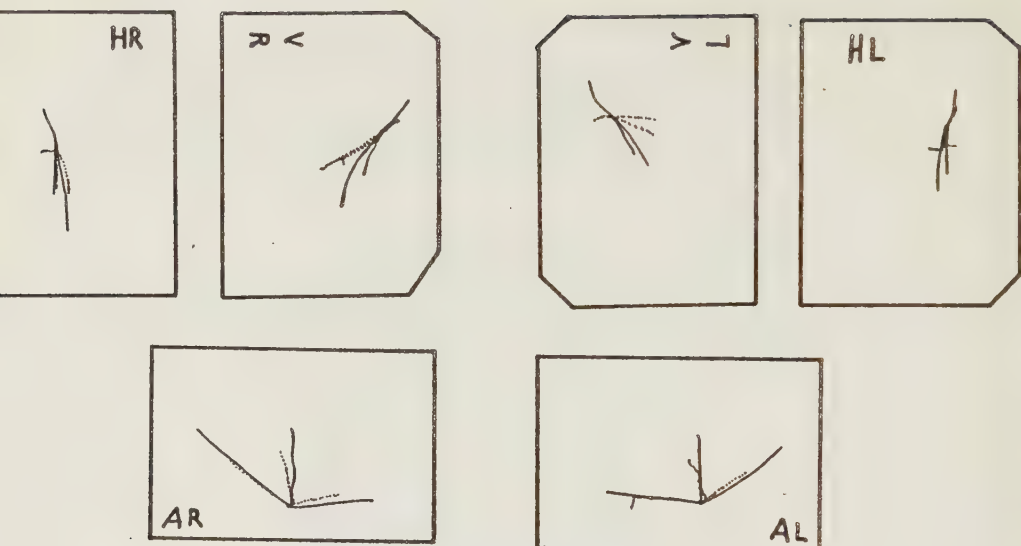
Erläuterungen zu den Abbildungen 19 bis 42:

In jeder Abbildung sind die sechs Schreibplatten des Stuart - Recorders zweimal wiedergegeben. Die Buchstaben auf den Platten bedeuten:

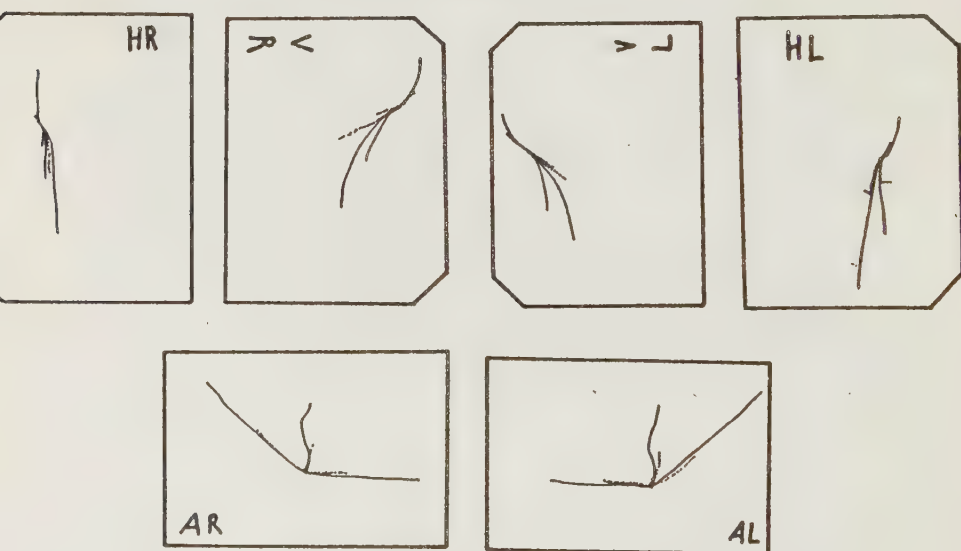
- HR horizontal - posterior, rechts
- VR vertikal -posterior, rechts
- AR horizontal - anterior, rechts
- HL horizontal - posterior, links
- VL vertikal - posterior, links
- AL horizontal - anterior, links

Zur räumlichen Anordnung der Platten wird auf Abbildung 9 hingewiesen.

Die Originalkurven sind als durchgezogene Linien wiedergegeben, die Artikulatorkennlinien sind gepunktet. Befindet sich an einer durchgezogenen Linie ein kleines Fähnchen (), so verläuft die zugehörige Artikulatorkennlinie derart auf der Originalkurve, daß keine sichere grafische Trennung möglich war. Hat eine gepunktete Linie ein Fähnchen, so bezeichnet es das Ende einer anderen gleich verlaufenden Linie, die grafisch nicht sicher getrennt werden konnte. Es handelt sich dabei um die Protrusionskurven, die bisweilen mit den Mediotrusionskurven zusammenfallen. Die Originalgröße der anterioren Platten beträgt 2,5 mal 3,7 Millimeter.

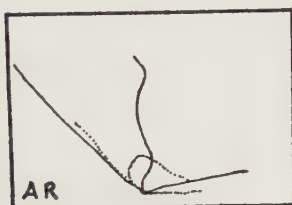
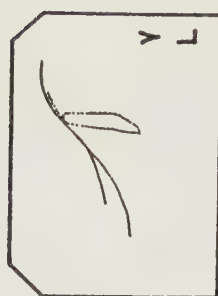
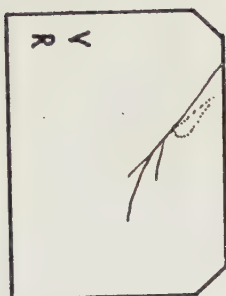
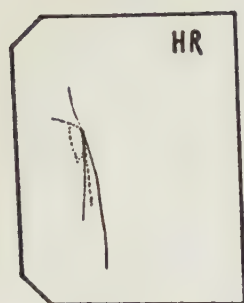


PROBAND 1

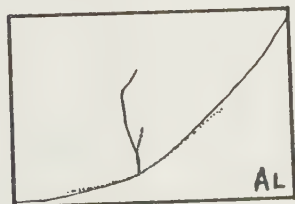
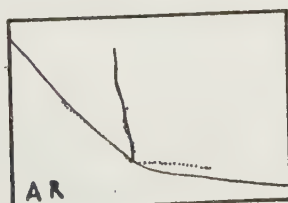
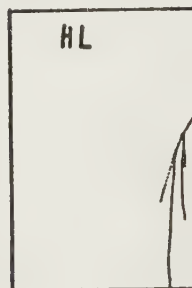
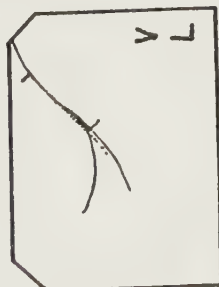
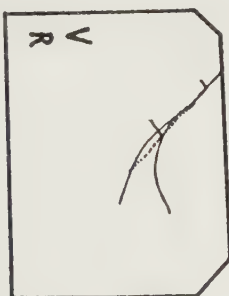


PROBAND 2

Abb. 19. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Gnathomat.

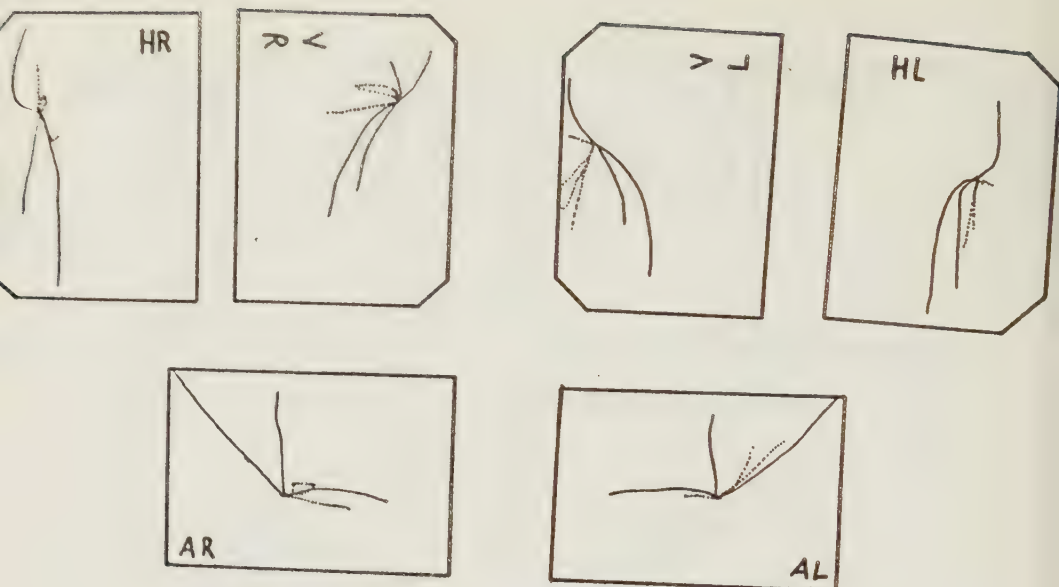


PROBAND 3

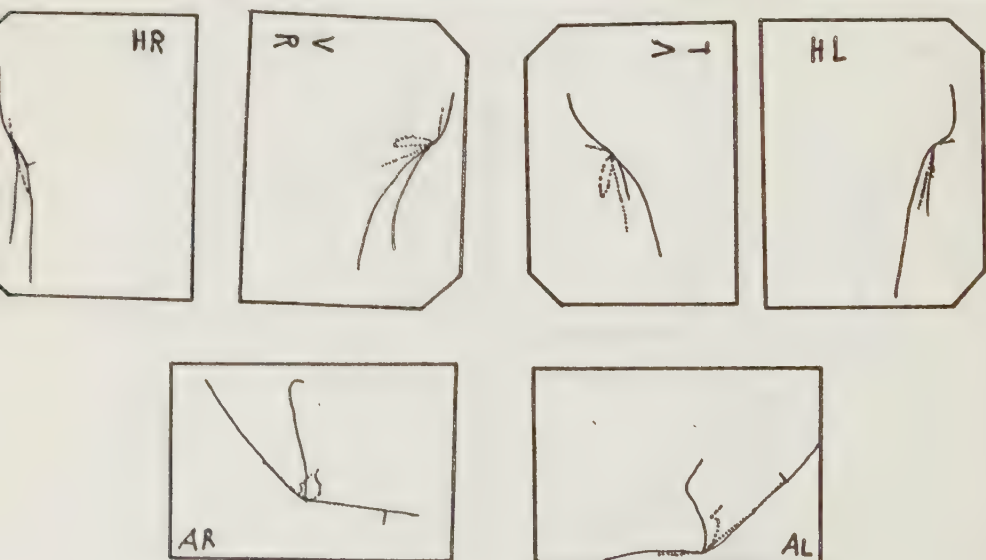


PROBAND 4

Abb. 20. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Gnathomat.

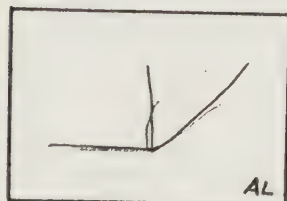
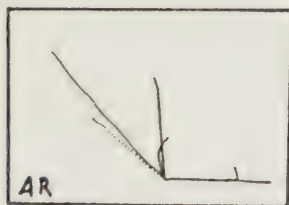
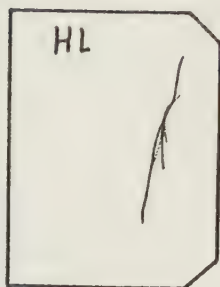
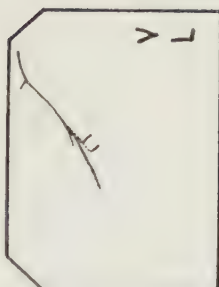
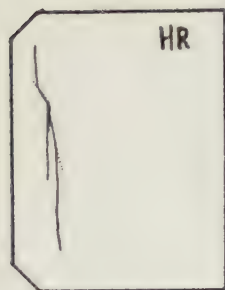


PROBAND 5

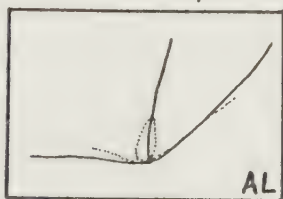
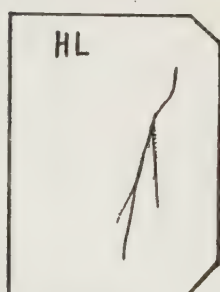
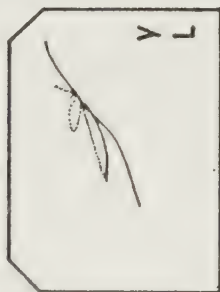
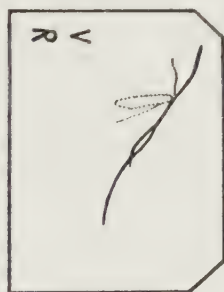
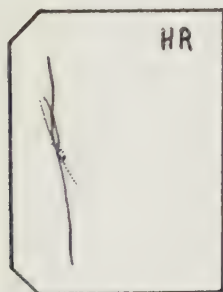


PROBAND 6

Abb. 21. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Gnathomat.

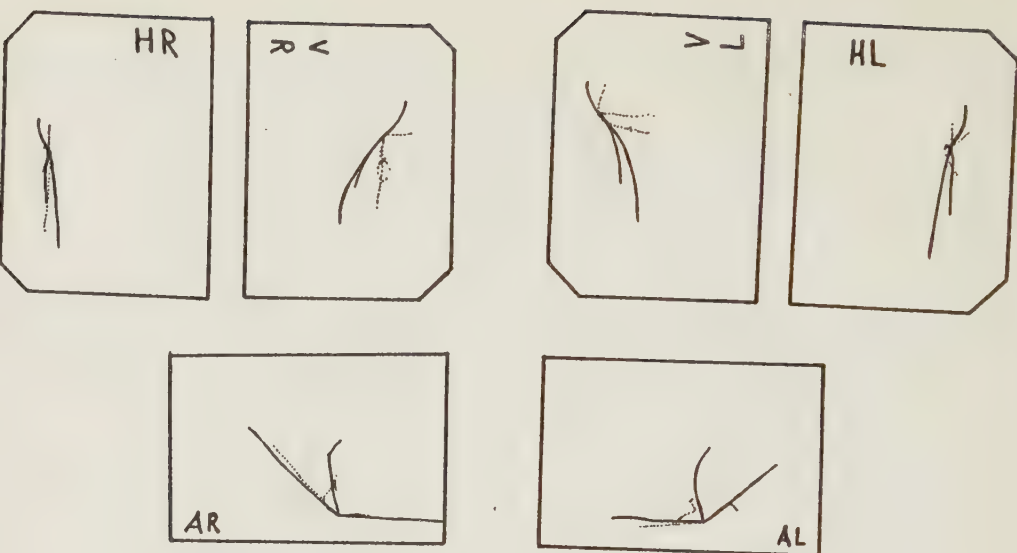


PROBAND 7

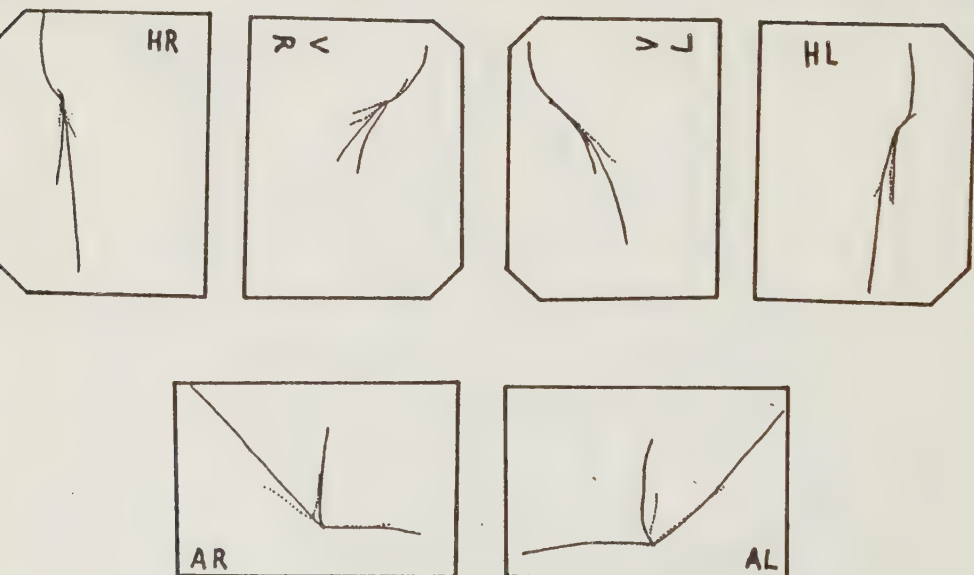


PROBAND 8

Abb. 22. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Gnathomat.



PROBAND 9



PROBAND 10

Abb. 23. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Gnathomat.

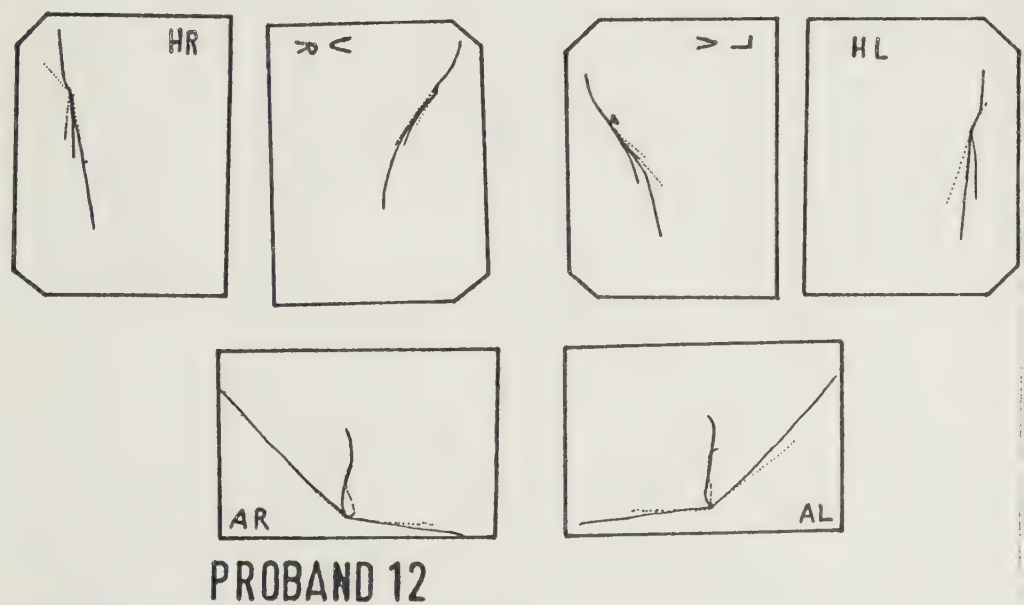
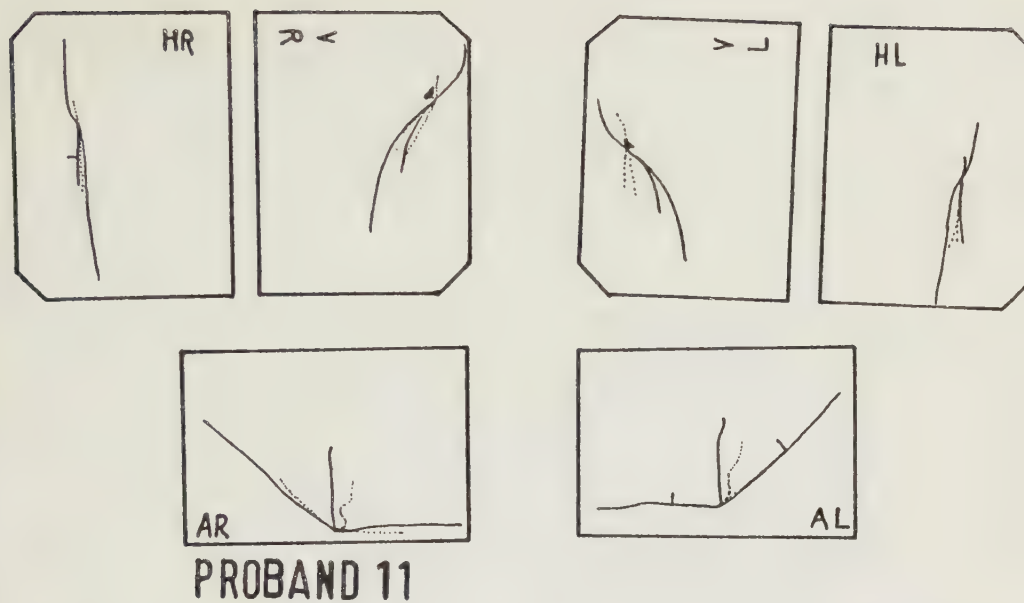
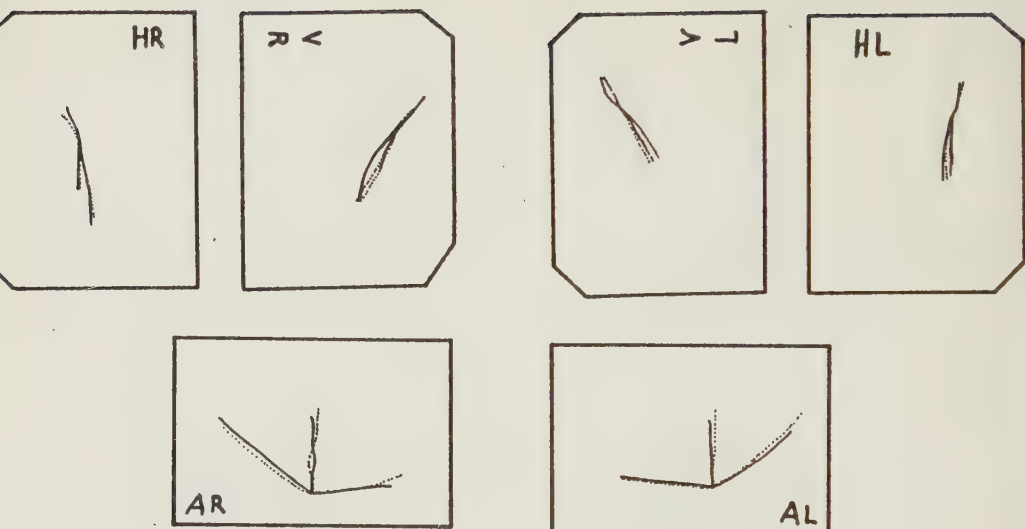
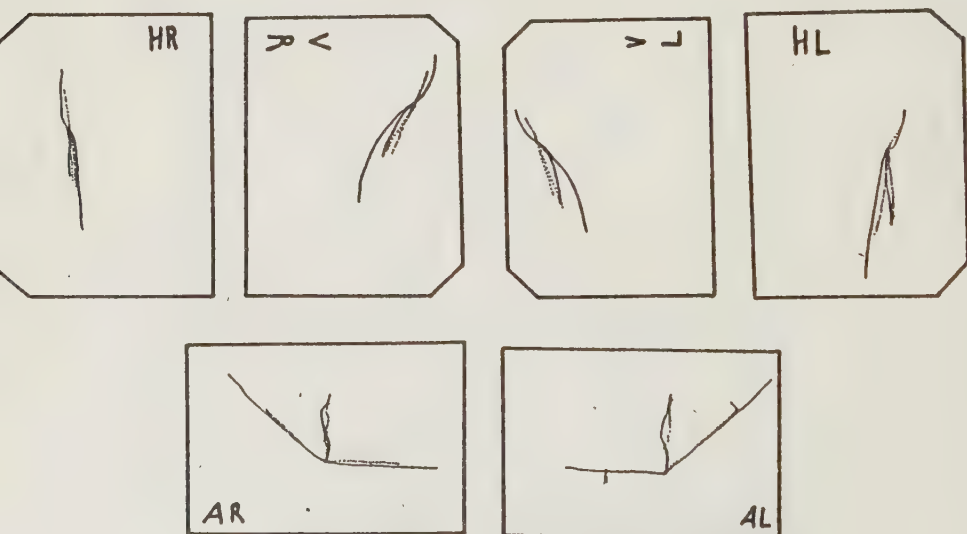


Abb. 24. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Gnathomat.

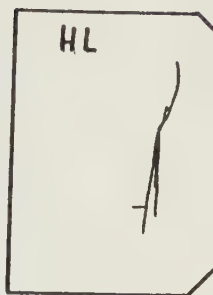
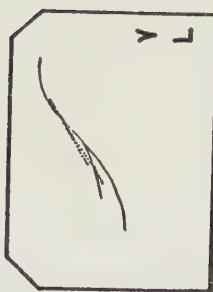
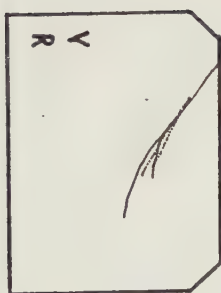
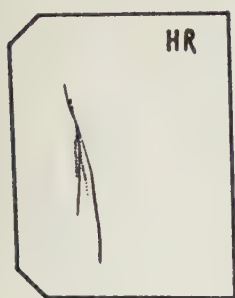


PROBAND 1

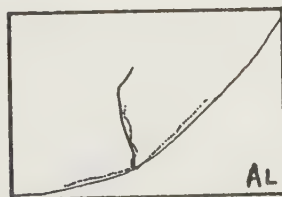
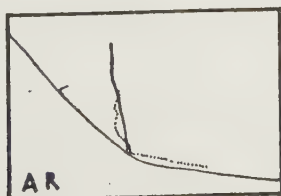
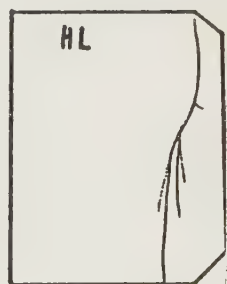
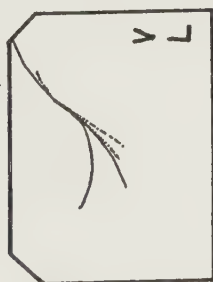
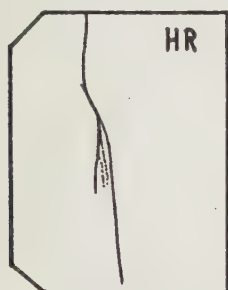


PROBAND 2

Abb. 25. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Denar.

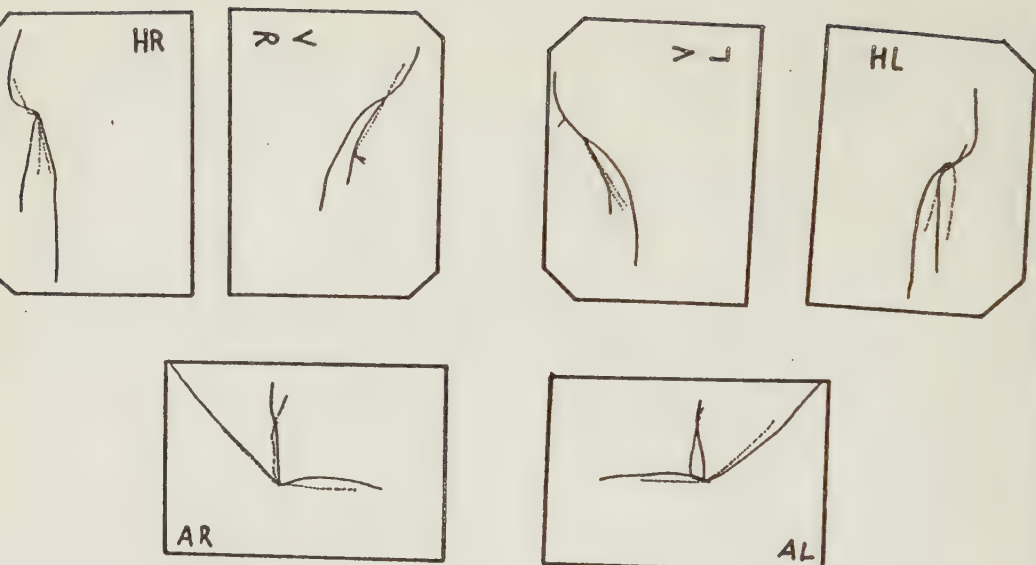


PROBAND 3

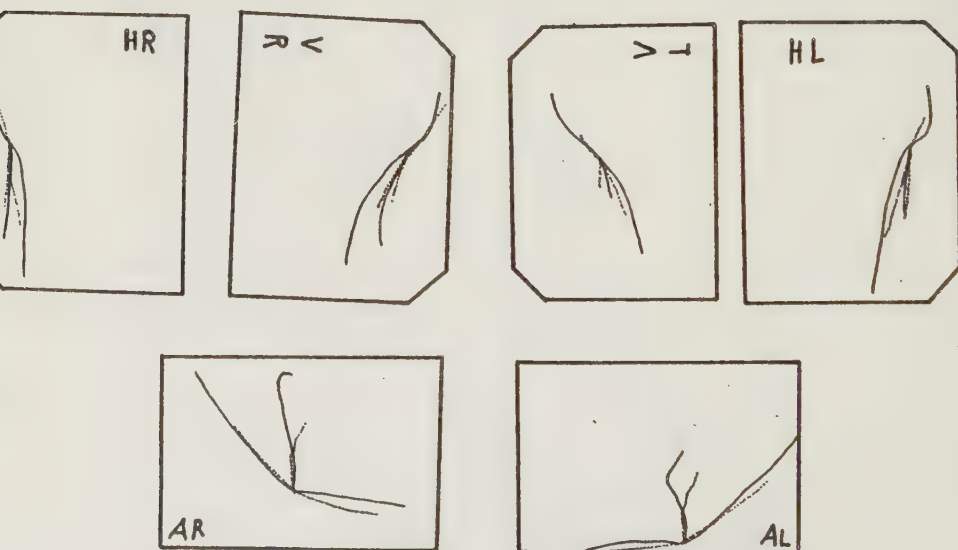


PROBAND 4

Abb. 26. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Denar.

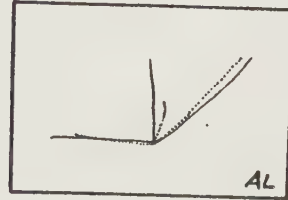
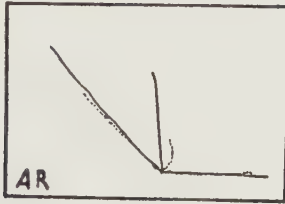
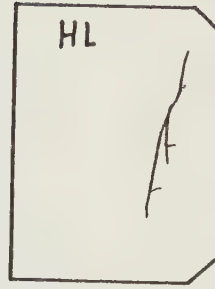
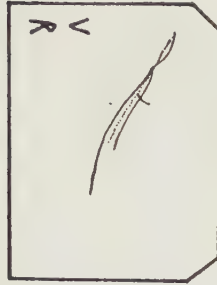
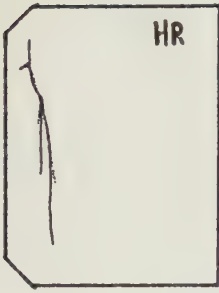


PROBAND 5

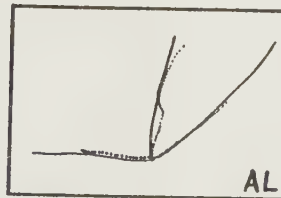
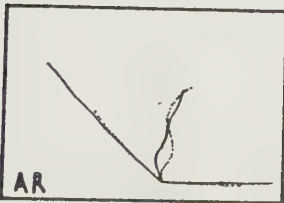
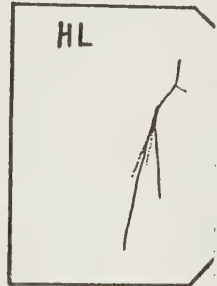
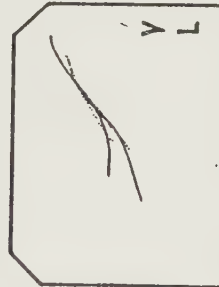
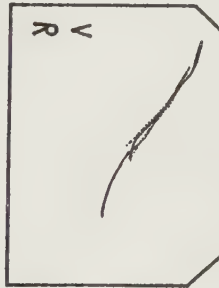
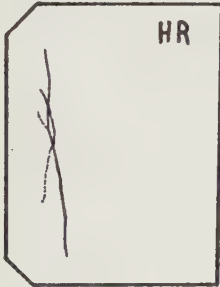


PROBAND 6

Abb. 27. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Denar.

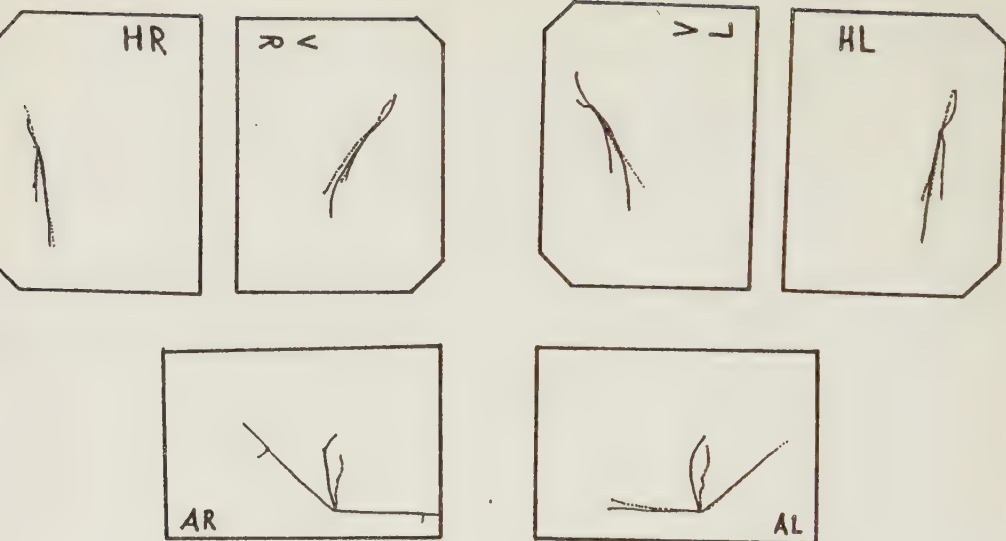


PROBAND 7

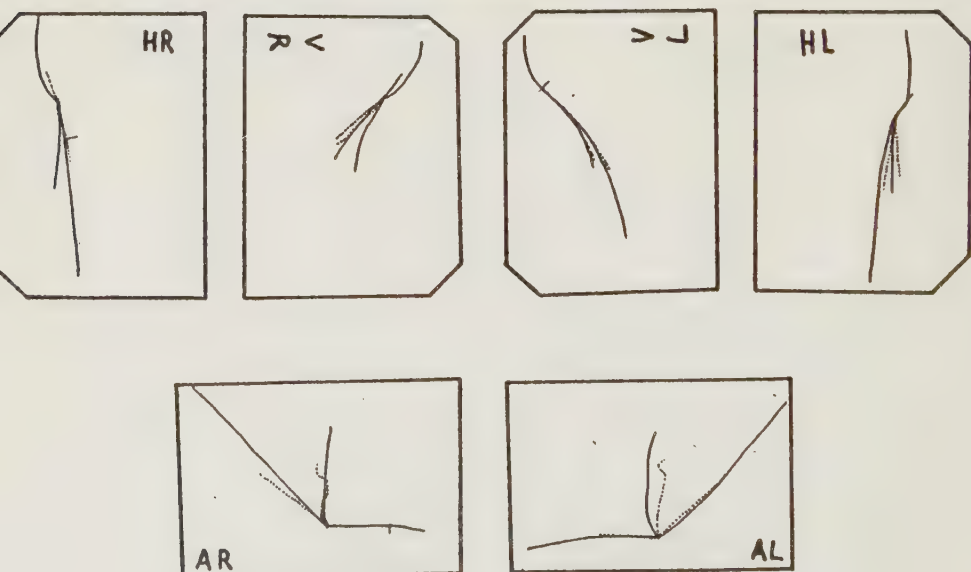


PROBAND 8

Abb. 28. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Denar.

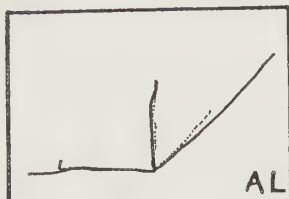
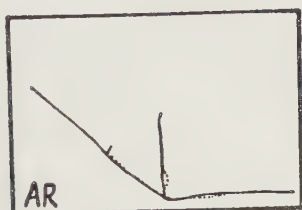
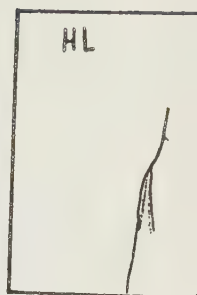
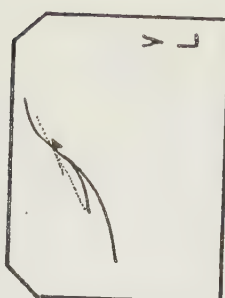
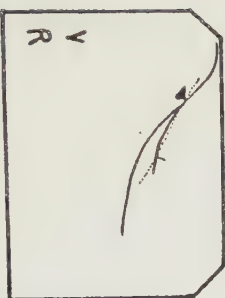
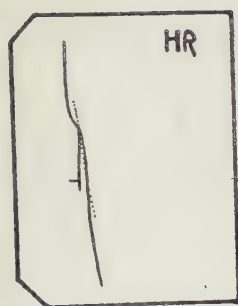


PROBAND 9

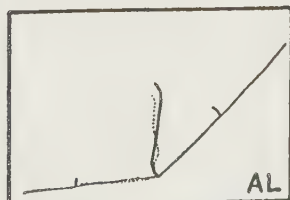
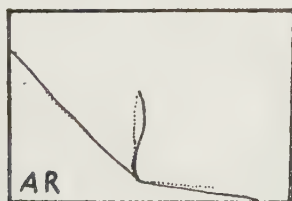
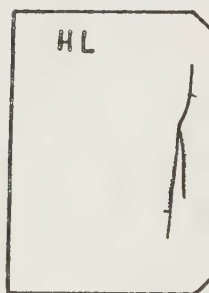
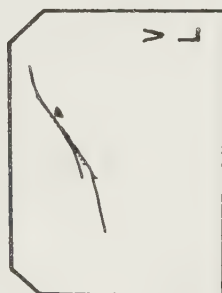
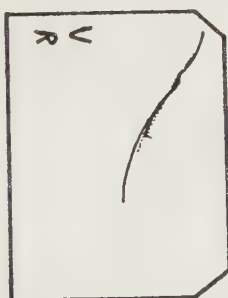


PROBAND 10

Abb. 29. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Denar.

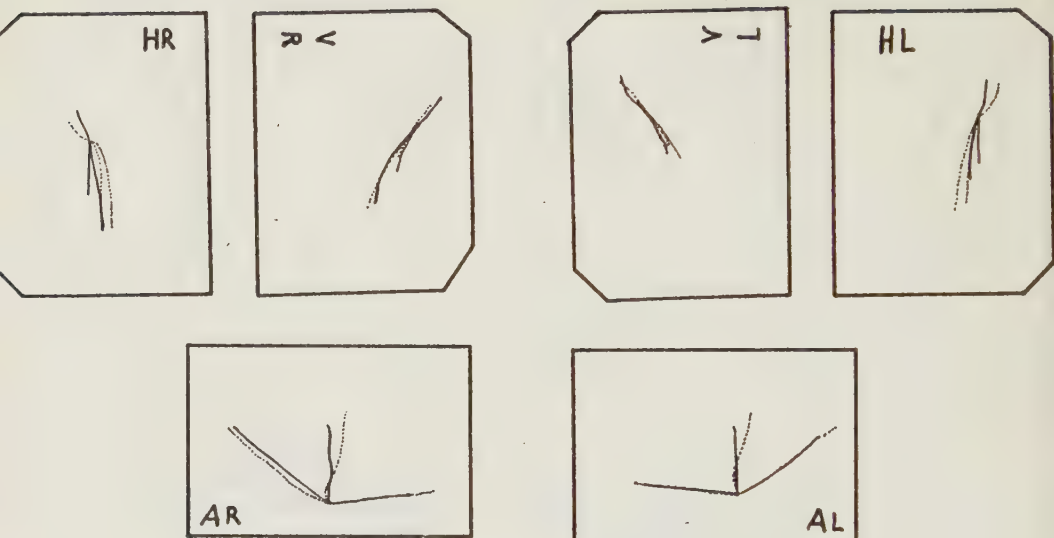


PROBAND 11

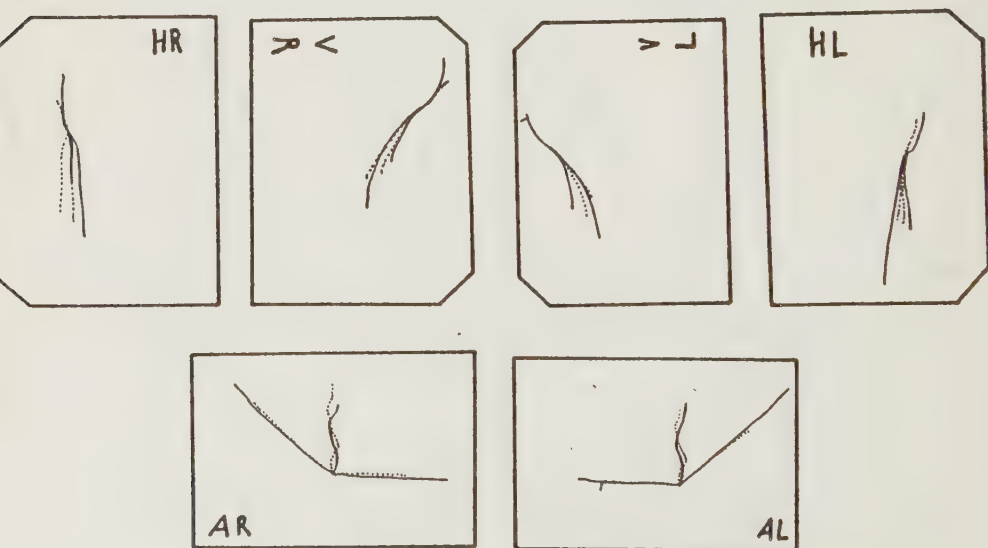


PROBAND 12

Abb. 30. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Denar.

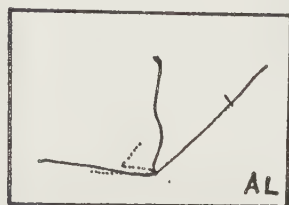
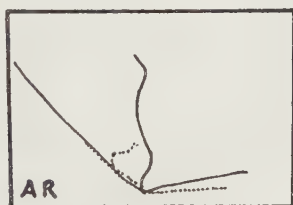
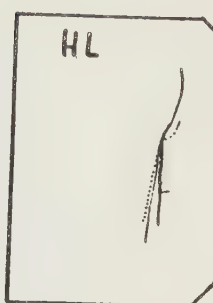
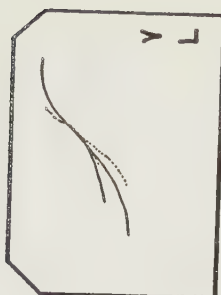
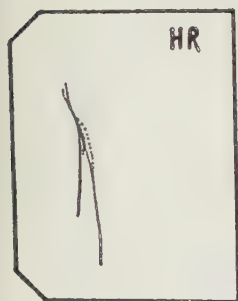


PROBAND 1

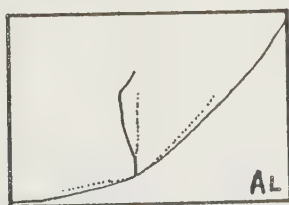
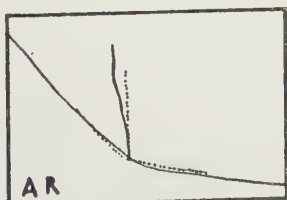
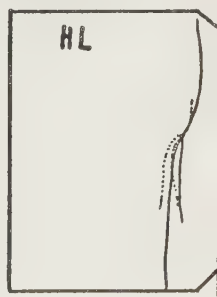
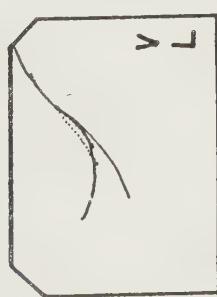
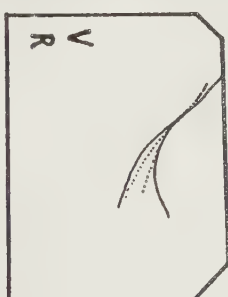


PROBAND 2

Abb. 31. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Panadent.

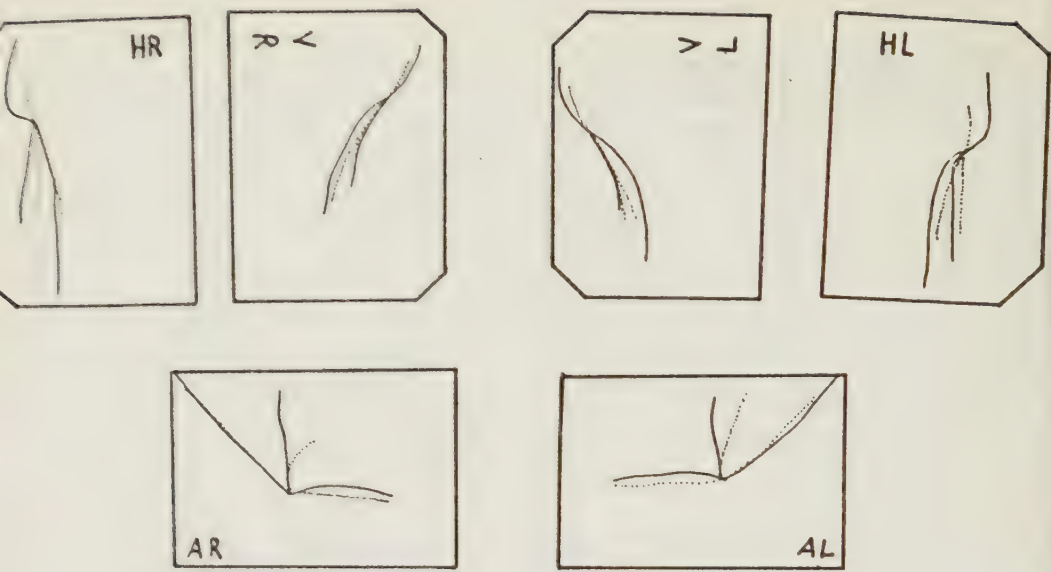


PROBAND 3

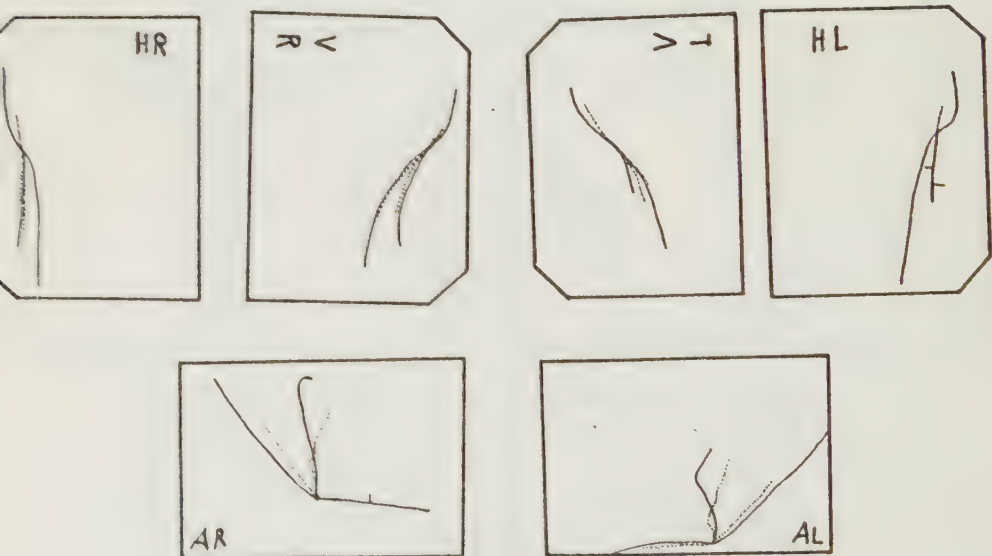


PROBAND 4

Abb. 32. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Panadent.

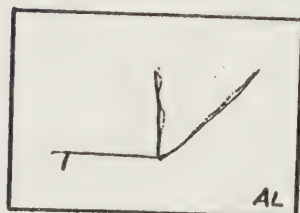
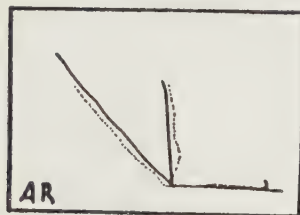
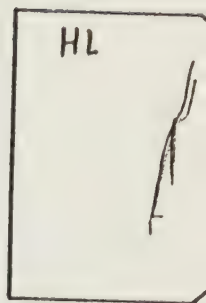
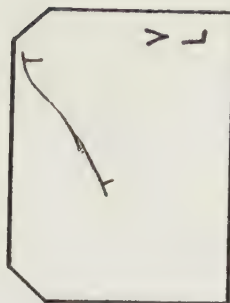
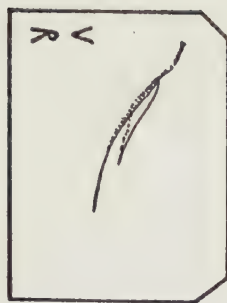


PROBAND 5

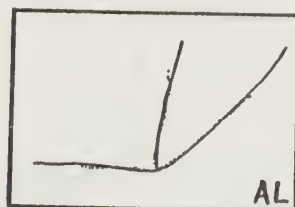
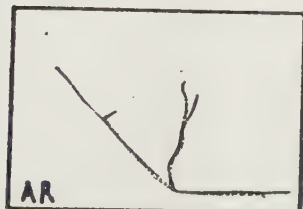
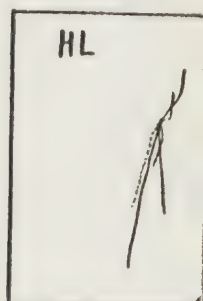
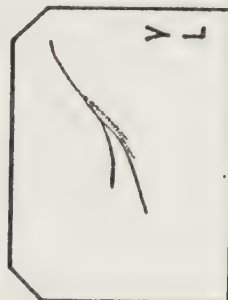
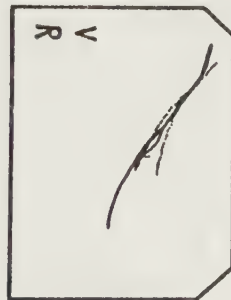


PROBAND 6

Abb. 33. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Panadent.

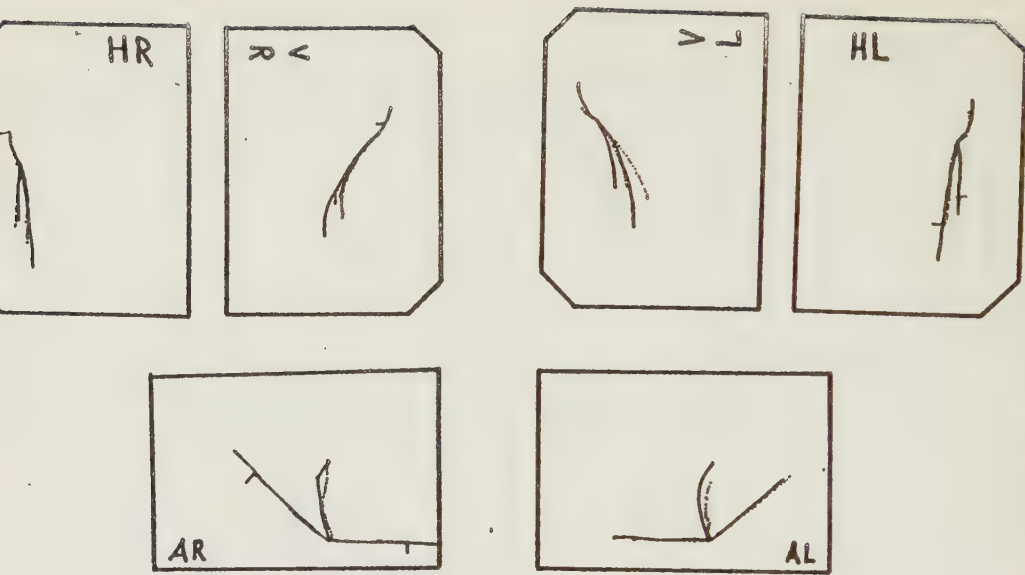


PROBAND 7

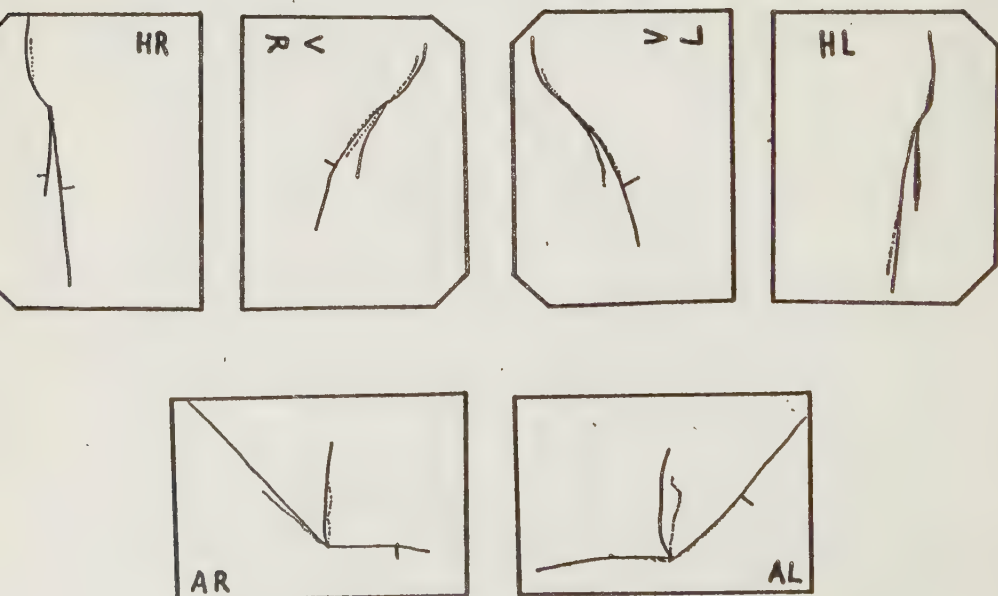


PROBAND 8

Abb. 34. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Panadent.



PROBAND 9



PROBAND 10

Abb. 35. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Panadent.

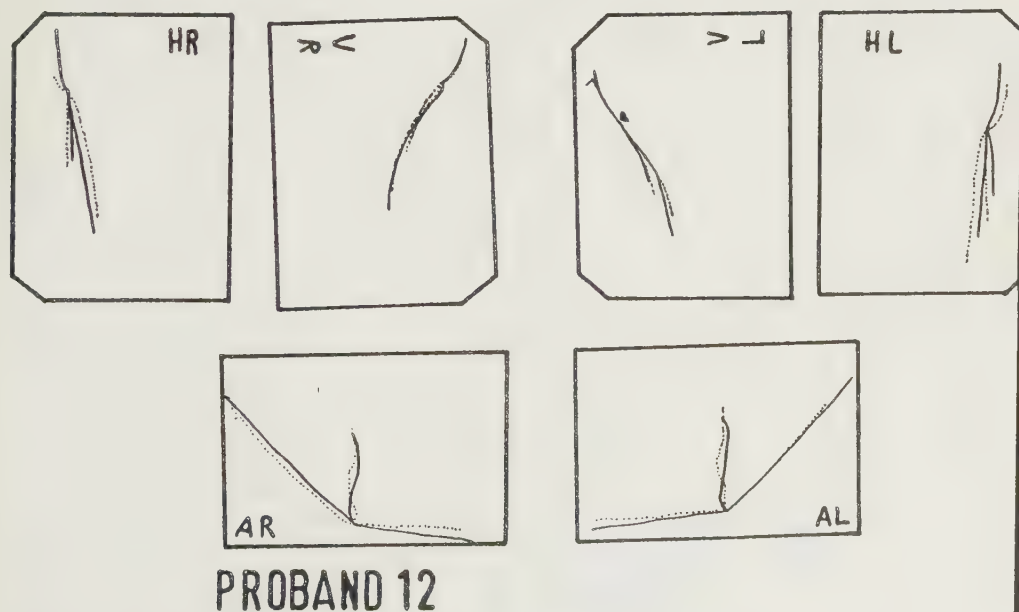
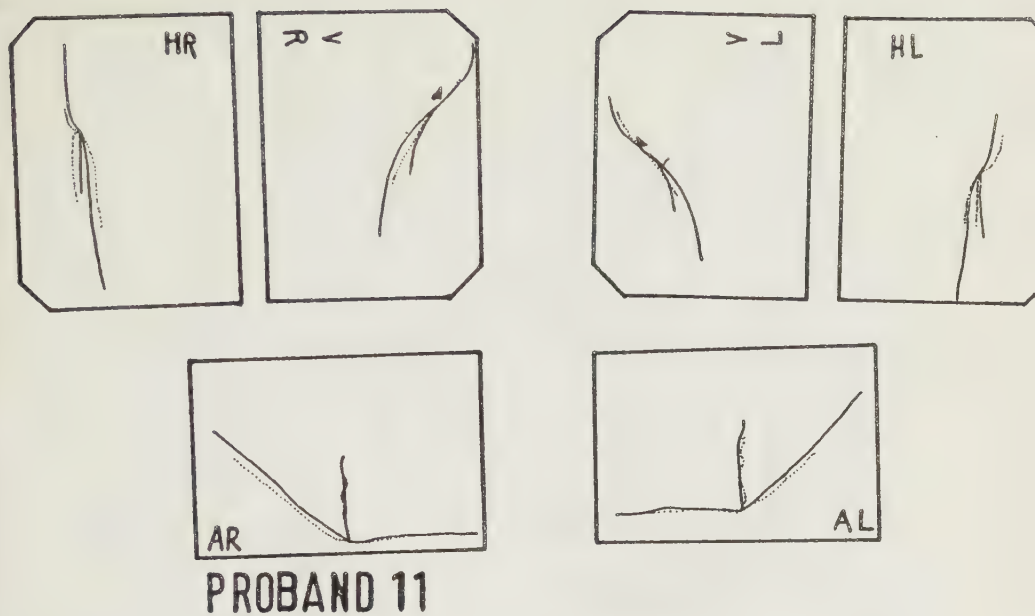
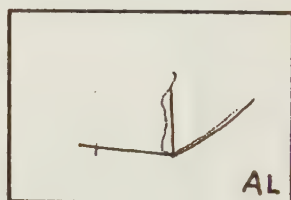
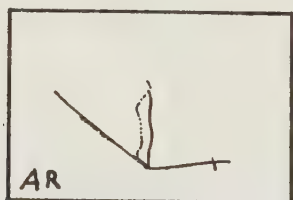
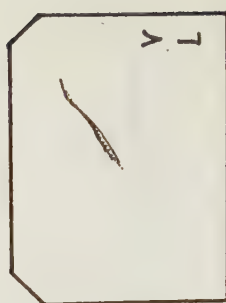
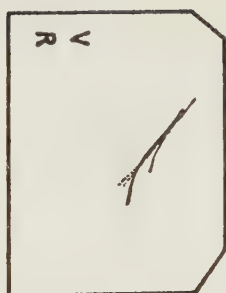
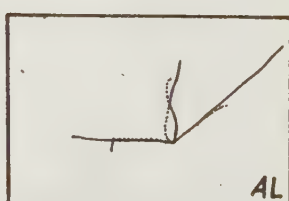
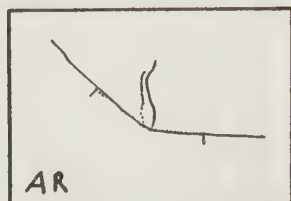
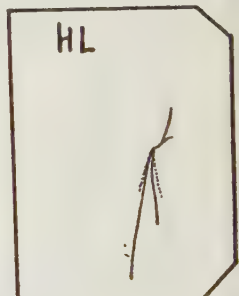
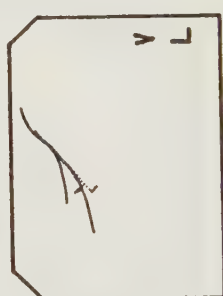
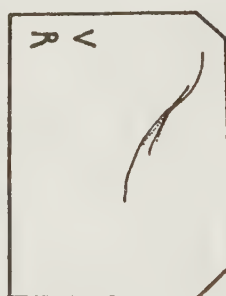


Abb. 36. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Panadent.

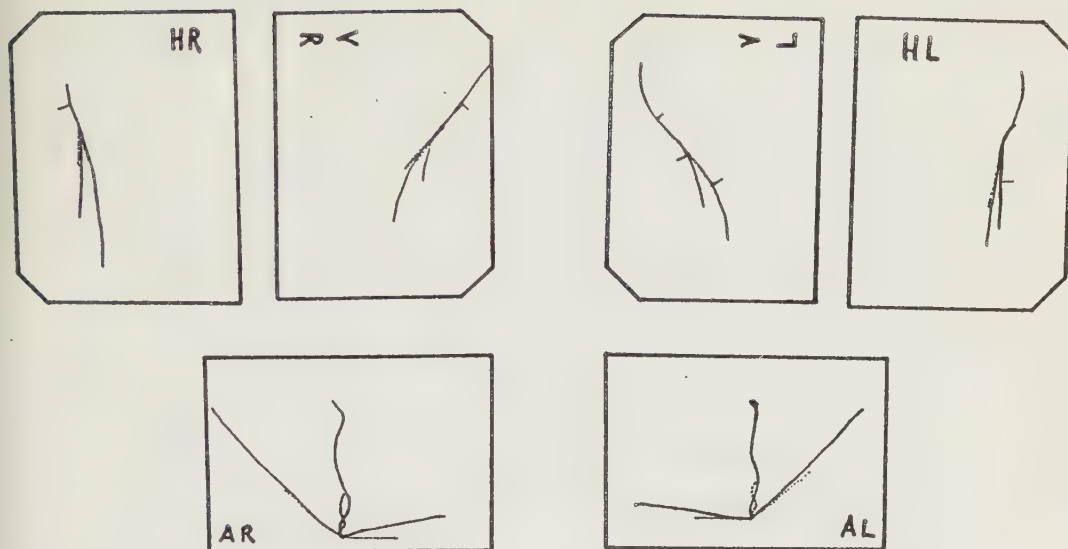


PROBAND 1

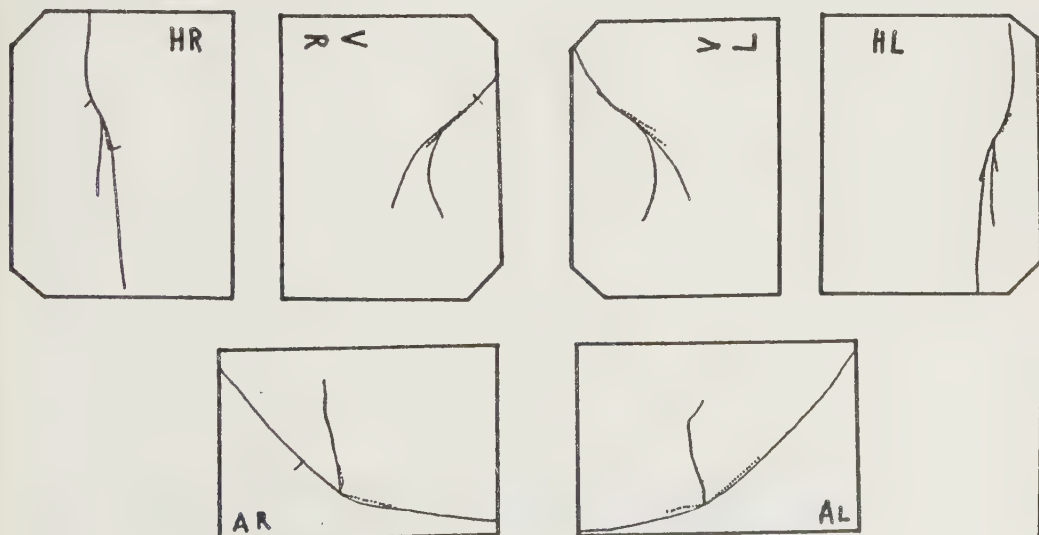


PROBAND 2

Abb. 37. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Masticator.

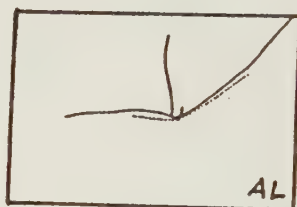
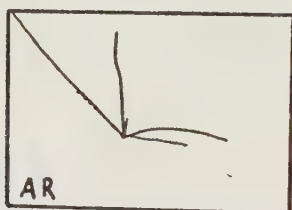
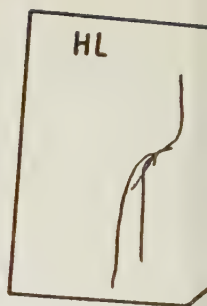
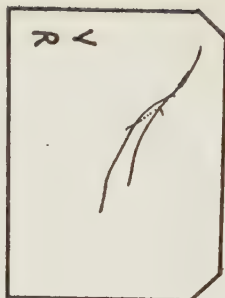


PROBAND 3

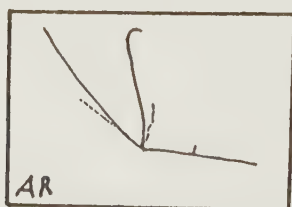
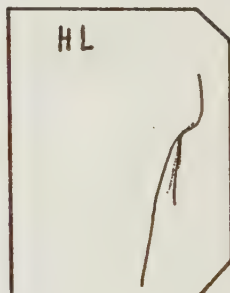
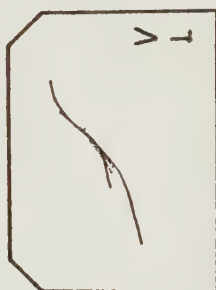
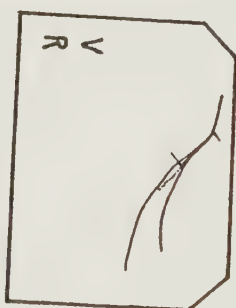
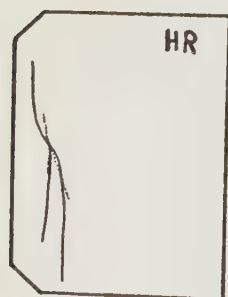


PROBAND 4

Abb. 38. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Masticator.

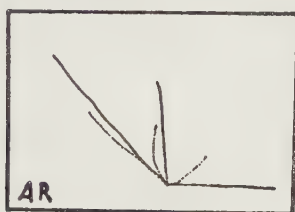
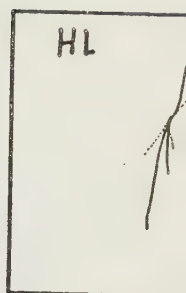
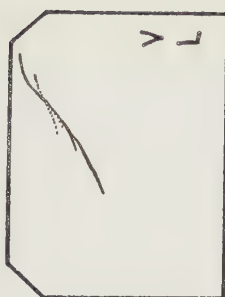
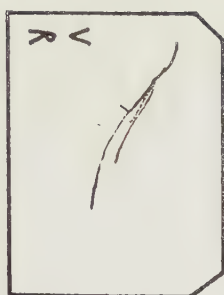
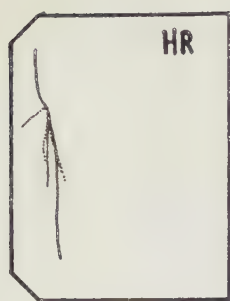


PROBAND 5

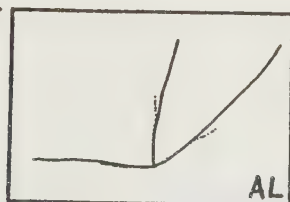
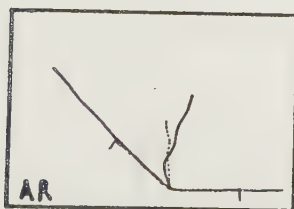
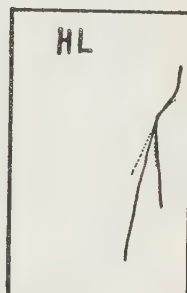
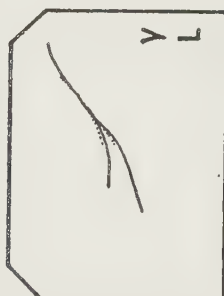
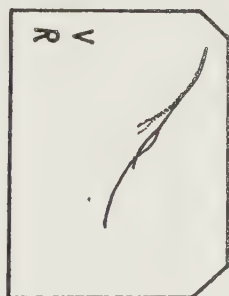


PROBAND 6

Abb. 39. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Masticator.

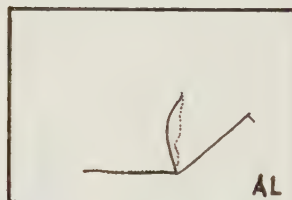
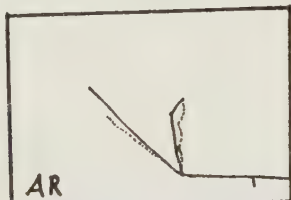
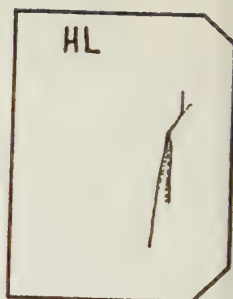
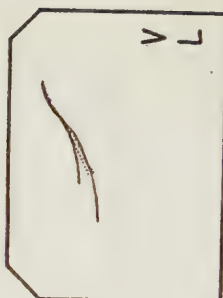
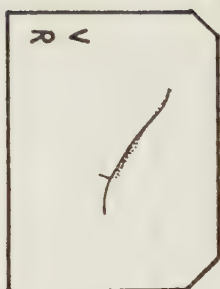
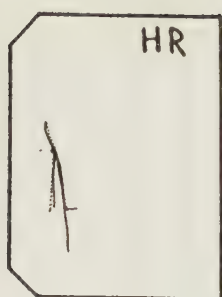


PROBAND 7

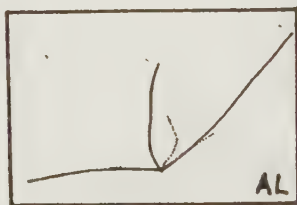
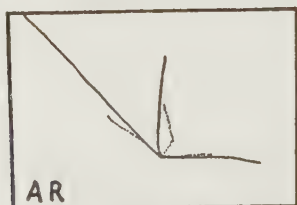
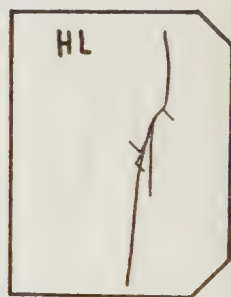
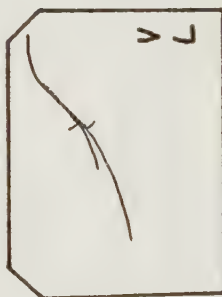
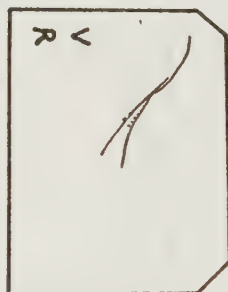


PROBAND 8

Abb. 40. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Masticator.



PROBAND 9



PROBAND 10

Abb. 41. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Masticator.

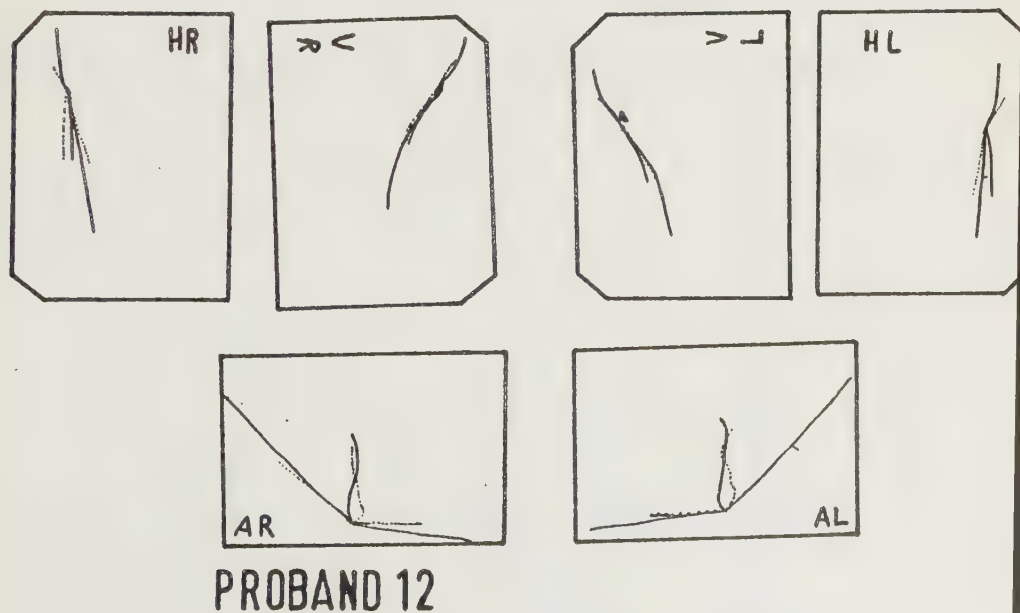
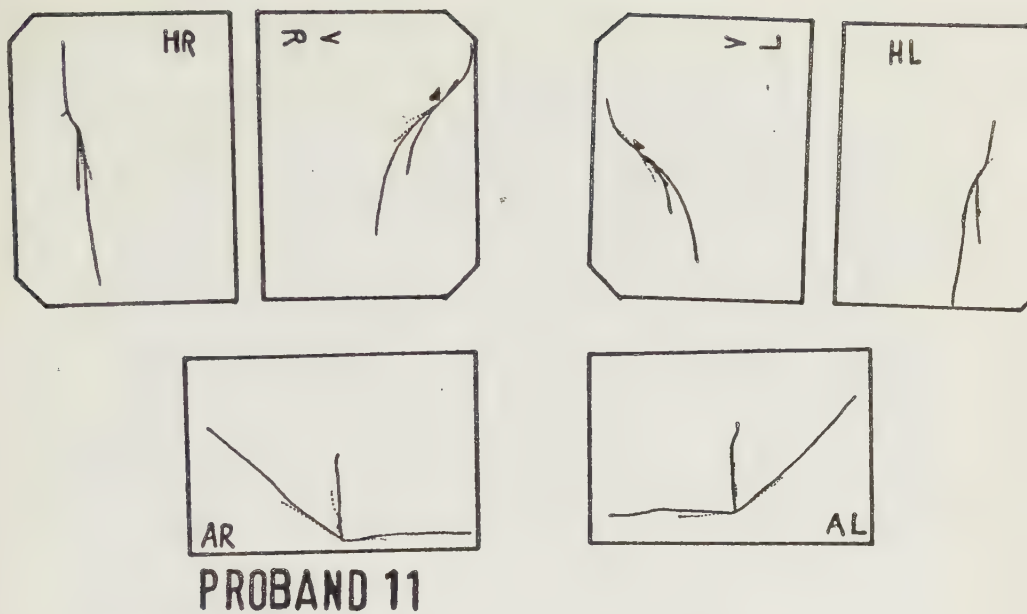


Abb. 42. Durchzeichnung der Originalaufzeichnungen und der Artikulatorkennlinien beim Masticator.

In Tabelle II werden die unterschiedlichen Werte vorgetragen, die sich aus der Untersuchung über die Genauigkeit der "lateralen Wachsbisse" (Ivoclar) ergaben, mit denen der Gnathomat eingestellt werden soll. In der ersten, zweiten, vierten und fünften Spalte sind die Werte angegeben, die sich mit dem jeweiligen Registrat einstellen ließen. In der dritten Spalte finden sich Hinweise auf die Art, in der das Registrat genommen wurde. "VS" bedeutet: nach Vorschrift. Das heißt, die Seitenzahnreihen sollen "bündig" sein. Dies ist meist etwas eher als die Eckzahn-Eckzahn-Beziehung erreicht wird. Mit "++" sind die Einstellungen gekennzeichnet, die nach dem Augenschein die besten Gleitbahnen ergeben, d.h. der Artikulator fährt dann die Schliiffacetten besonders gut ab. Mit "--" ist eine Einstellung gekennzeichnet, die diese Bahnen deutlich nicht wiedergibt. Bei den anderen Einstellungen ist durch Augenschein nicht sicher festzustellen, ob die Bahnen korrekt wiedergegeben werden.

Tabelle II

Ergebnisse der Untersuchung zur Genauigkeit der "lateralen Wachsbisse"

Sag.Neigung	Bennett-Klappe	Art des Registr.	Bennett-Klappe	Sag.Neigung
50	30	willkürl.lat.	85	70
50	15	2 mm lateral	60	70
55	10	Handeinstell.	50	5
25	-10	2 mm mit Protr.	40	60
40	-15	gleiches Regist.	15	45
35	60	2 mm lateral	80	75
60	60	Eckzahn-Eckzahn	65	50
35	20	"	30	30
0	10	" --	30	0
20	80	" ++	60	50
20	0	"	60	40
30	0	"	60	55
30	40	" ++	70	55
75	75	VS	70	75
50	55	VS	80	75
75	75	VS	75	75
30	70	VS	80	45
40	15	VS	75	75
75	65	VS	80	75
75	65	VS	55	70
40	70	VS ++	30	40

IV. B) Auswertung

Beim Vergleich der Artikulatorkennlinien mit den Probandenaufzeichnungen müssen die durch bestimmte Konstruktionsmerkmale der Artikulatoren bedingten unterschiedlichen Kurvenlängen berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu der Dreiteilung der Kurven in der Arbeit von SIEBERT [65] wurde daher nur ein initialer Fünf-Millimeter-Bereich und der außerhalb dieses Abschnittes gelegene Anteil der Kurven unterschieden. Die Protrusionskurve wurde nur in Tabelle III ausgewertet, da ihr als rein muskulär geführter Bewegung keine allzu große Bedeutung zukommt. Lediglich im Falle des Probanden 8 wird in der Einzelbesprechung darauf eingegangen.

Die Auswertung der Abbildungen 19 bis 42 erfolgte nach den Kriterien "völlige Obereinstimmung", "gute Näherung" und "keine Obereinstimmung".

1. Gnathomat

Der Gnathomat als Mittelwertartikulator hat eine durch Federn stabilisierte und durch bestimmte Begrenzungselemente eingeengte Achsbeweglichkeit und erhebt nach Werbeangaben den Anspruch, "den Patientenfall wie im Munde" nachzuvollziehen.

Durch die Begrenzungselemente "Bennettklappen" und "Sagittale-Begrenzung" sind die Bewegungen des Artikulators vor allem im posterioren Bereich eingeschränkt, so daß sich wesentlich kürzere Artikulatorkennlinien als beim Denar D 5 A - Artikulator ergeben. Zwischen Geräteachse und der mit dem Stuart - Recorder abgegriffenen terminalen Scharnierachse wurden in sagittaler und vertikaler Richtung Abweichungen von ein bis drei Zentimeter gemessen (Abb. 43). Die Achsabweichungen waren rechts und links immer unterschiedlich. Daher waren größere Abweichungen von Originalkurven und Artikulatorkennlinien zu erwarten, die teilweise dadurch ausgeglichen wurden, daß die Artikulatorkennlinien mit ihrem Anfangspunkt immer auf die terminale Scharnierachsrelation der Originalaufzeichnungen projiziert wurden. Signifikante Abweichungen lassen sich besonders gut auf den vertikal-posterioren Platten erkennen (Probanden 1, 2, 3-links, 5, 6, 7-rechts, 8, 9, 10-rechts, 11-links). (Anmerkung: links/rechts bezeichnet jeweils linke Seite/ rechte Seite.)

Auf den horizontal-posterioren Platten finden sich deutliche Ab-

weichungen in den Aufzeichnungen der Probanden 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12. Interessant ist, daß der Gnathomat im Falle des Probanden 8 die rückläufige Protrusionskurve auf der horizontal-posterioren Platte, links, andeutet! Dieses Ergebnis war mit keinem anderen der untersuchten Artikulatoren zu erzielen.

Stärkere Abweichungen auf den horizontal-anterioren Platten finden sich bei den Probanden 1-rechts, 3, 4-links, 5-rechts, 8.

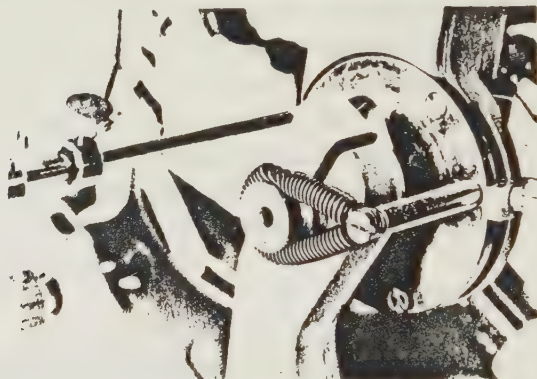


Abb. 43. Abweichung in sagittaler und vertikaler Richtung von Geräteachse des Gnathomat und terminaler Scharnierachse.

2. Denar D 5 A - Artikulator

Der Artikulator verfügt zwar über sechs Einstellelemente pro "Gelenk", ist aber in der verwendeten Ausführung mit planen Kondylargehäuswänden ein nur rectilinear arbeitender Artikulator. Daher konnten nur rectilineare Wiedergaben der Unterkieferbewegungsbahnen erwartet werden.

Dies bestätigte sich bei der vorliegenden Untersuchung. Der rectilineare Artikulatorkennlinienverlauf wird besonders deutlich sichtbar auf den vertikal-posterioren Platten bei den Probanden 1...5, 7, 9...12. Der Denar wird laut Anleitung [28] auf die Endpunkte der mit dem Denar-Recorder aufgezeichneten Bahnen eingestellt. Durch die geringe Plattengröße kann häufig nicht die gesamte Bewegungskapazität des Probanden aufgezeichnet werden. Dadurch weichen die Artikulatorkennlinien auffallend von den Originalaufzeichnungen ab. Werden die

Artikulatorkennlinien der Mediotrusionsbewegung über ihre Endpunkte hinaus verlängert, so schneiden sie im Falle der Probanden 1-rechts, 2...6, 7-links und 11-links die Originalkurven. Demnach ist die Abweichung um so größer, je stärker die registrierten Bewegungsbahnen des Unterkiefers der Probanden gekrümmt sind. Für den rekonstruktiv wichtigen initialen Abschnitt der Artikulatorkennlinien (fünf Millimeter) ergeben sich signifikante Abweichungen in den Fällen der Probanden 1...3, 4-rechts, 5 und 6 auf den vertikal-posterioren Platten, bei dem Probanden 5-links auf der horizontal-posterioren Platte. Der Proband 5 zeichnete besonders stark gekrümmte Kurven auf allen Platten. Im Falle des Probanden 2-links fällt auf, daß die "immediate-side-shift"-Bewegung trotz der stark wirksamen Einstellelemente ("immediate-side-shift-adjustment") nicht nachvollzogen werden konnte. Bei Proband 5-rechts ist auf der horizontal-posterioren Platte sehr gut zu erkennen, wie die Artikulatorkennlinie im Bereich des "immediate-side-shift" bei der Laterotrusionsbahn von der extremen Bewegung des Probanden abweicht. In allen anderen Fällen ist im initialen Fünf-Millimeter-Bereich eine Obereinstimmung der Kurven, beziehungsweise eine geringe Abweichung, die nicht als signifikant bezeichnet werden kann, festzustellen.

3. Panadent "Model P" - Artikulator

Der Panadent hat im Gegensatz zu den übrigen untersuchten Artikulatoren kurvilineare Gelenkbahnen. Es sind daher auch kurvilineare Artikulatorkennlinien zu erwarten. Dies bestätigte sich bei allen zwölf Probanden. Die präformierten Bahnen der "motion analogs" führen jedoch in den Fällen der Probanden 1, 3-links, 4-rechts, 7-links, 8, 11 und 12 zu signifikant falschen Ergebnissen. Sehr gute Obereinstimmung mit den pantografischen Aufzeichnungen auf den vertikal-posterioren Platten findet sich bei den Probanden 1, 2, 7, 8, 9-rechts, 10 und 12. Im Gegensatz zu den oben genannten schlechten Ergebnissen auf den horizontal-posterioren Platten sind gute Obereinstimmungen bei den Probanden 3-rechts, 4-links, 7-rechts, 9 und 10 zu erkennen. Auf den horizontal-anterioren Platten liegt fast immer eine gute Näherung oder völlige Deckungsgleichheit vor.

4. Masticator

Beim Masticator werden auf den stark vergrößernden Meßaufzeichnungen Einstellungspunkte gewählt, die in Relation zu den Messungen auf der horizontal-anterioren Schreibplatte bei einem Schreibspitzenausschlag von weniger oder gleich einem Zentimeter entsprechen, somit nur den initialen Bereich der Unterkieferbewegung erfassen. Bei den Untersuchungen war also eine gute Obereinstimmung im initialen Bereich der Artikulatorkennlinien mit den pantografischen Aufzeichnungen der Probanden zu erwarten.

Dies konnte durch die Messungen an den Probanden 1...4, 9...12 bestätigt werden. Beim Probanden 5 vermag der Masticator auf den horizontal-posterioren Platten den starken Krümmungen der pantografischen Aufzeichnung nicht zu folgen. Beim Probanden 6 zeigte sich nur auf der linken horizontal-posterioren Platte eine Abweichung bei der Mediotrusionsbewegung. Beim Probanden 7 ist auf der linken horizontal-posterioren Platte eine signifikante Abweichung bei der Mediotrusionsbewegung zu beobachten.

Beim Probanden 8 vermag der Masticator der unüblichen Protrusionsbewegung im rechten Kiefergelenk nicht zu folgen. Allerdings wird der Masticator auch nicht auf Protrusionsregistrare eingestellt.

Abweichungen bei den Mediotrusionsbahnen sind auf den Platten VR und HL des Probanden 8 zu erkennen.

Stärkere Abweichungen auf den horizontal-anterioren Platten sind in den Fällen der Probanden 3 und 5 zu sehen.

Bei den übrigen Probanden folgt der Masticator den Patientenaufzeichnungen zwar deutlich rectilinear, jedoch weitgehend exakt oder in guter Näherung.

In der Tabelle III sind die pantografisch gewonnenen Ergebnisse nach den Mediotrusions-, Laterotrusions- und Protrusionsbewegungen aufgeschlüsselt. Mit "+" ist völlige Obereinstimmung, mit "0" gute Näherung und mit "-" deutliche Abweichung der Artikulatorkennlinien von den pantografischen Aufzeichnungen gekennzeichnet.

Dabei werden wegen des unterschiedlichen Bewegungsspielraumes der Artikulatoren aus den Abbildungen 19 bis 42 nur jeweils die initialen fünf Millimeter und die weiter als fünf Millimeter von der terminalen Scharnierachsrelation entfernt liegenden Kurvenabschnitte getrennt berücksichtigt. Eine weitere Unterteilung bietet sich nicht an, da die Artikulatorkennlinien von Gnathomat und Masticator wesentlich kürzer als bei Denar und Panadent ausfallen.

Die Abkürzungen bedeuten:

Me Mediotrusion

La Laterotrusion

Pr Protrusion

AR horizontal-anteriore Platte, rechts

AL horizontal-anteriore Platte, links

HR horizontal-posteriore Platte, rechts

HL horizontal-posteriore Platte, links

VR vertikal-posteriore Platte, rechts

VL vertikal-posteriore Platte, links

Die Wertungspaare geben an: initiale fünf Millimeter/ weiter als fünf
Millimeter

Tabelle III. Die Legende ist der vorhergehenden Seite zu entnehmen!

Proband		1			2			3			4			5		
Bewegungsrichtung		Me	La	Pr	Me	La	Pr	Me	La	Pr	Me	La	Pr	Me	La	Pr
Gnathomat	AR	-/-	+0	0/-	0/0	+0	+0	-/-	+0	-/-	-/-	+0	0/0	-/-	+0	-/-
	AL	+0	0/-	0/0	+0	0/0	+0	+0	-/-	-/-	+0	+0	+0	-/-	0/-	-/-
	HR	-/-	-/-	+0	0/0	+/-	0/0	-/-	-/-	+/-	-/-	0/+	+0	+0	-/-	-/-
	HL	+0	+0	+0	+0	0/0	+0	-/-	-/-	-/-	+/-	+0	+0	-/-	-/-	-/-
	VR	-/-	0/-	-/-	-/-	+0	-/-	+/-	-/-	-/-	0/-	+0	0/-	-/-	-/-	-/-
	VL	-/-	-/-	-/-	-/-	+0	-/-	-/-	0/0	-/-	0/0	+0	+0	-/-	-/-	-/-
Denar	AR	+0	0/0	0/0	0/0	+0	0/0	-/-	+0	0/0	-/-	+0	0/0	-/-	+0	0/0
	AL	0/0	+0	+0	+0	+0	+0	+/-	+0	0/0	0/0	0/0	0/0	-/-	0/-	0/0
	HR	+0	-/-	0/0	0/0	-0	0/0	-/-	+0	0/0	-/-	+0	+/-	0/0	0/-	-/-
	HL	+0	+0	0/0	-0	-0	-/-	+0	0/0	+0	+/-	+0	0/-	0/-	0/0	-/-
	VR	0/0	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-	0/0	-0	0/-	+0	-/-	-/-	-/-	-/-
	VL	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	0/0	-/-	+/-	0/0	+/-	-/-	+0	-/-
Panadent	AR	+0	0/0	+0	+0	+0	0/0	-/-	+0	-/-	0/0	0/+	+0	-/-	+0	+/-
	AL	+0	+0	0/0	+0	+0	0/0	+0	+0	-/-	+0	+0	+0	-/-	+0	+/-
	HR	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-	-/-	-0	+0	-/-	-/-	-/-	-/-	+0	-/-	-/-
	HL	-/-	-/-	-/-	0/0	-/-	0/0	+0	-/-	+0	-/-	+0	-/-	-/-	-/-	-/-
	VR	+0	0/0	+0	+0	+/-	+0	-/-	-/-	+/-	0/0	+0	+/-	-/-	0/-	+0
	VL	+0	0/0	+0	+0	+0	0/-	+/-	0/-	+0	-/-	+0	+0	-/-	0/-	+0
Masticator	AR	+0	+0	-/-	+0	+0	-/-	-/-	+0	0/0	0/0	+0	+0	-/-	+0	+0
	AL	+0	0/0	-/-	+0	+0	-0	+0	0/0	0/0	0/0	+0	+0	-/-	+0	-/-
	HR	+0	+0	+0	0/-	+/-	0/-	+0	+0	0/0	+0	+0	-/-	+0	0/-	0/0
	HL	+0	+0	+0	+0	+/-	0/0	+0	+0	+0	+0	+0	+/-	-/-	+0	-/-
	VR	+0	+0	-/-	0/0	0/0	+0	+0	+0	+/-	0/0	+0	0/0	0/-	+0	+0
	VL	0/0	+0	+0	+/-	+0	-/-	+0	+0	+0	+0	+0	-/-	+0	+0	+0

Aus der Tabelle III lassen sich die in Tabelle IV wiedergegebenen Ergebnisse durch Auszählen herleiten, wenn die Protrusionsbewegung und die Kurvenabschnitte, die weiter als fünf Millimeter von der terminalen Scharnierachsrelation entfernt sind, unberücksichtigt bleiben.

Tabelle IV.a) Summe der Übereinstimmungen und Abweichungen im Bereich der initialen Fünf-Millimeter-Kurvenabschnitte bei Gnathomat und Denar aus Tabelle III. (Lies: horizontal-anteriore Platte, rechts: viermal keine, dreimal ungefähre und fünfmal gute Übereinstimmung bei der Mediotrusionsbewegung, usw. Da zwölf Probanden untersucht wurden, ergeben sich maximal zwölf Übereinstimmungen pro Platte und Bewegungsrichtung.

Gnathomat	Mediotrusion			Laterotrusion		
	-	0	+	-	0	+
AR	4	3	5	0	1	11
AL	1	2	9	1	5	6
HR	5	4	3	7	2	3
HL	6	1	5	4	3	5
VR	8	2	2	7	1	4
VL	8	2	2	6	1	5

Denar	Mediotrusion			Laterotrusion		
	-	0	+	-	0	+
AR	4	2	6	0	3	9
AL	1	4	7	0	6	6
HR	3	3	6	5	3	4
HL	3	2	7	2	3	7
VR	4	6	2	5	4	3
VL	7	1	4	6	3	3

Tabelle IV.b) Summe der Übereinstimmungen und Abweichungen im Bereich der initialen Fünf-Millimeter-Kurvenabschnitte bei Panadent und Masticator aus Tabelle III.
(Fortsetzung zu Tabelle IV.a))

Panadent	Mediotrusion			Laterotrusion		
	-	0	+	-	0	+
AR	2	1	9	1	6	5
AL	1	1	10	0	1	11
HR	7	1	4	6	1	5
HL	5	3	4	8	1	3
VR	2	5	5	1	3	8
VL	3	0	9	0	5	7

Masticator	Mediotrusion			Laterotrusion		
	-	0	+	-	0	+
AR	4	1	7	0	0	12
AL	1	2	9	0	4	8
HR	0	3	9	2	2	8
HL	3	3	6	1	2	9
VR	0	5	7	0	3	9
VL	0	2	10	1	0	11

Zusammenfassend wird für den initialen Fünf-Millimeter-Bereich festgestellt:

1. Der Artikulator Gnathomat erreichte auf den horizontal-posterioren Platten rechts 6 und links 10 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 8 von 24); auf den vertikal-posterioren Platten rechts 6 und links 7 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 6,5 von 24); auf den horizontal-anterioren Platten rechts 16 und links 15 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 15,5 von 24).
2. Der Denar D 5 A - Artikulator erreichte auf den horizontal-posterioren Platten rechts 10 und links 14 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 12 von 24); auf den vertikal-posterioren Platten wurden rechts 5 und links 7 von 24 möglichen Obereinstimmungen erreicht (Durchschnitt: 6 von 24); auf den horizontal-anterioren Platten waren es rechts 15 und links 13 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 14 von 24).
3. Der Panadent-Artikulator "Model P" erreichte auf den horizontal-posterioren Platten rechts 9 und links 7 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 8 von 24); auf den vertikal-posterioren Platten waren es rechts 13 und links 16 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 14,5 von 24); auf den horizontal-anterioren Platten wurden rechts 14 und links 21 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt 17,5 von 24) erzielt.
4. Der Masticator erreichte auf den horizontal-posterioren Platten rechts 17 und links 15 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 16 von 24); auf den vertikal-posterioren Platten rechts 16 und links 21 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 18,5 von 24) und auf den horizontal-anterioren Platten waren es rechts 19 und links 17 von 24 möglichen Obereinstimmungen (Durchschnitt: 18 von 24).

V. Diskussion

Obwohl nach den Regeln der jeweiligen Gebrauchsanweisungen alle vier Artikulatoren eingestellt wurden, können sich durch den komplizierten Versuchsaufbau trotz größtmöglicher Sorgfalt geringfügige Abweichungen ergeben. Theoretisch können diese auftreten bei:

- a) der Modellmontage ,
- b) beim Aufnehmen der Einstelldaten,
- c) beim Einstellen der Artikulatoren,
- d) beim Aufnehmen der Referenzdaten mit dem Stuart-Recorder,
- e) bei den Vergleichsmessungen (Abgreifen der Artikulatorkennlinien vom vorher individuell eingestellten Artikulator),
- f) bei der Aufnahme, der Projektion und dem Durchzeichnen der Kurven.

Es wurden keine Untersuchungen darüber angestellt, welchen Betrag dieser Fehler in der vorliegenden Untersuchung annehmen kann.

Die genannten Fehler sind für alle vier untersuchten Artikulatoren relativ gleich groß, da jeder der Artikulatoren bei den Punkten a) bis c) annähernd gleich schwer zu bedienen ist und bei den Punkten d) bis f) keine speziellen Besonderheiten der Artikulatoren beachtet werden müssen.

Bei den anderen vorliegenden vergleichenden Untersuchungen über Artikulatoren von KIENER [38], SCHUBRING [62] und SIEBERT [65] liegt die Fehlerquote etwa im gleichen Bereich. Um dennoch eine Beurteilung der Ergebnisse sinnvoll zu machen, wurde die Probandenzahl mit zwölf relativ hoch gewählt.

Ein direkter Vergleich der vorliegenden Untersuchungsergebnisse mit denen von anderen Autoren ist schwierig, da von jeweils sehr unterschiedlichen Voraussetzungen ausgegangen wurde.

Methodisch gleich ist das Vorgehen von SIEBERT [65], der jedoch andere Artikulatoren untersuchen ließ. Er stellte fest, daß die Beurteilung der Artikulatorkennlinien nach den Aufzeichnungen auf den horizontal-posterioren und den vertikal-

posterioren Platten des Stuart-Recorders erfolgen muß. Dies deckt sich mit den vorliegenden Untersuchungen. Die von SCHUBRING [62] vorgebrachten Beurteilungen des "immediate-side-shift" anhand der horizontal-anterioren Platten kann somit als falsch angesehen werden, da sich signifikante Abweichungen der Artikulatorkennlinien von den Originalaufzeichnungen auf den genannten Platten nicht sicher genug beurteilen lassen.

Die Behauptung von KIENER [38], daß der Masticator den Aufzeichnungen des Masticator-Meßbogens folge, trifft nur insoweit zu, als das bei besonders gering gekrümmten Bahnen der Fall ist. Sind die Bahnen sehr stark gekrümmt oder sind durch pathologische Veränderungen Unregelmäßigkeiten der Bewegungsbahnen die Folge, vermag der Masticator diese Bahnen nicht zu reproduzieren. Dieses Ergebnis deckt sich mit der persönlich mitgeteilten Ansicht von WEBER. ZORCHER und GERBER [88] teilen ebenfalls mit, daß der Masticator nicht kurvilinear arbeitet. Dennoch liegen die Bahnen im initialen Bereich, der für Analyse oder Rekonstruktion wichtig ist, sehr dicht an den tatsächlichen Grenzbewegungen.

Die von LUNDEEN et al. [15, 51] erarbeitete Methode, daß eine universelle Gelenkbahnkrümmung bei individuell eingestellter sagittaler Kondylenbahnneigung funktionstüchtig sei, kann mit dem Panadent-Artikulator (andere vergleichende Untersuchungen zu diesem Artikulator liegen zur Zeit noch nicht vor) anhand der Aufzeichnungen auf den vertikal-posterioren Platten als häufig gut, aber in einem nicht zu vernachlässigenden Prozentsatz auch als schlecht bezeichnet werden (vergleiche Tabelle IV). Die in der Gebrauchsanleitung des Panadent-Artikulators propagierte Methode, den "immediate-side-shift" durch einen lateralen Druck auf den Kieferwinkel zu bestimmen [58], führt in Verbindung mit den konfektionierten "motion-analogs", in denen nach LEEs Mitteilung die Bennett-Bewegung bereits eingebaut sei, zu deutlich falschen Ergebnissen, wie auf den

horizontal-posterioren Platten zu erkennen ist. Auf allen horizontal-posterioren Platten ist zu erkennen, daß die Form der Laterotrusionsbahn sehr unterschiedliche Krümmungen aufweist.

Die Schwierigkeit, konfektionierte "motion-analogs" zu entwickeln, die diesem Umstand Rechnung tragen, ist offenbar. Hinzu kommt, daß bei dem LEEschen Vorgehen zwar dem "immediate-side-shift" in gewisser Weise Raum gewährt wird, jedoch der "progressive-side-shift", der ebenfalls Bestandteil der Bennett-Bewegung ist, nicht in angemessener Weise bestimmt werden kann.

Berücksichtigt man die Untersuchungen von SIEBERT und KLEIN [68] über das Ausmaß des "immediate-side-shift", so kann auf ein breites Assortiment von "motion-analogs" verzichtet werden, da der Mittelwert des von ihnen als physiologisch angesehenen "immediate-side-shift" mit 0,4 mm angegeben wird (unter Zahnführung).

Bei dem lateralen Druck auf den Kieferwinkel [58] wird die elastische Deformation der Mandibel (MARX [53]) leichtfertig miteinbezogen; besonders stark wird das sichtbar, wenn der Behandler nicht mit der von LEE demonstrierten Zartheit sondern mit durch "Erfahrung" gesteigerter Kraftanwendung, wie von TUPAC [75] vorgeschlagen, vorgeht.

Nach den Untersuchungen von CLAYTON, KOTOWICZ und ZAHLER [13] sind Manipulationen des Unterkiefers nicht notwendig, da sie nachgewiesen haben, daß die ungeführten Grenzbewegungen die Kauzyklen umschließen. Daher wurde bei der vorliegenden Untersuchung bei der Pantografie und dem Aufzeichnen mit dem Messbogen von WEBER [81] auf manuelle Führung des Probanden verzichtet.

Über den Gnathomat liegen keine vergleichenden Untersuchungen vor.

Mit der vorliegenden Untersuchung kann den Angaben von BOETTGER [6] und WILLNER [85], der Gnathomat vollziehe die Patientenbewegungen vollständig nach, entgegengetreten werden.

Auf den vertikal-posterioren Platten zeigen sich deutliche Abweichungen der Artikulatorkennlinien von den Patienten-aufzeichnungen, die erkennen lassen, daß der Gnathomat im posterioren Bereich vertikale und transversale Bewegungen produziert, die nicht den Grenzbewegungen nahekomen. Durch die im Rahmen der Vorarbeiten und des Trainingsprogrammes durchgeführte "Meßreihe" über die "Lateralbisse" zur Einstellung des Gnathomaten (Tabelle II) läßt sich deutlich zeigen, daß die von KLEINROCK et al. [40] angegebene Einstellgenauigkeit nicht erreicht wird. Insbesondere ist es schwierig, die von BOETTGER [6] verlangte Position, in der die Seitenzähne "bündig" stehen sollen, exakt zu wiederholen, so daß die Einstellung des Gnathomaten um so ungewisser wird, je mehr "Lateralbisse" genommen werden.

Bedenklich ist das Zitat BOETTGERs [6], das er bei GERBER [26] entnommen hat, in dem dieser die Auffassung vertritt, der Unterkiefer dürfe dem Oberkiefer nicht in einer Position zugeordnet werden, die der am weitesten cranialen und dorsalen Lage der Kondylen in der Gelenkgrube entspreche. BOETTGER zieht daraus den unberechtigten Schluß, eine Zuordnung in maximaler Interkuspidation sei im Sinne GERBERS, der jedoch eine Zentrierung der Kondylen propagiert. Eine Position, die in den meisten Fällen nicht der maximalen Interkuspidation entspricht. Bei allen Fällen von Dysgnathien oder sonstigen pathologischen Lageänderungen der Mandibel zum Oberkiefer muß das Gleitbahnkonzept zu groben Fehlern führen, sofern die Modelle in maximaler Interkuspidation einartikuliert werden. die von BOETTGER [5] angegebene Eignung des Gnathomaten für Funktionsanalysen muß nach der vorliegenden Arbeit bezweifelt werden, da die sagittale Kondylenbahn falsch wiedergegeben wird. Dies führt dazu, daß wichtige Balancekontakte oder -interferenzen nicht reproduziert werden können.

Die Berechtigung kaubahn- und kiefergelenkbezogenes Vorgehen miteinander zu vergleichen, wird der Behauptung entnommen, daß der Gnathomat in der Lage sein soll, die Funktionen des

Patientenfalles zu reproduzieren (Werbeaussage des Herstellers). Der Unterschied zwischen den beiden Artikulationskonzepten besteht in der Positionierung der Mandibel bei analytischen und rekonstruktiven Maßnahmen. Die sich aus den beiden unterschiedlichen Konzepten ergebenden Differenzen in der Zuordnung der am Probanden und am Artikulator gewonnenen pantografischen Aufzeichnungen wurden in der auf Seite 25 unter Punkt 24 besprochenen Weise berücksichtigt.

Da sich hier die kaubahnbezogene mit der kiefergelenkbezogenen Schule trifft, muß die vorliegende Untersuchung aus der Sicht der Dominanz des Kiefergelenkes zu diesem negativen Urteil kommen.

Es muß eingeräumt werden, daß es nach dem Kaubahnkonzept nicht Aufgabe des Gnathomaten ist, die Grenzbewegungen, sondern die "Kaubahnen" nachzuvollziehen.

Der Denar D 5 A - Artikulator erweckt wegen seiner Vielzahl von Einstellelementen immer wieder den Eindruck, er sei voll-adjustabel (HOBÖ, SHILLINGBURG und WHITSETT [34], WINSTANLEY [86]) obwohl bereits in der Gebrauchsanleitung [28] darauf hingewiesen wird, daß das Gerät nur rectilinear arbeitet, wenn die Gelenkgruben nicht weiter modifiziert werden (Ausformen der Kunststoffeinsätze). Die Rectilinearität der Bewegungen des Artikulators konnte in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Daß die vom Denar ausgeführten Bewegungen überwiegend nicht die Bewegungsbahnen der Probanden wiedergeben, wurde noch in keiner anderen Untersuchung festgestellt. Ursache dafür sind die geringen Auswirkungen, die einige Einstellelemente besitzen. Besonders trifft dies für das "top-wall-adjustment" zu, was auch COYE [14] beobachtete. Wesentlich ist auch die Feststellung von WINSTANLEY [86], der feststellte, daß sich der Denar - Artikulator nicht auf die Aufzeichnungen des Denar - Recorders vollständig einstellen ließe. Bei den eigenen Einstellungen war es trotz großer Sorgfalt nicht möglich, den Artikulator so einzustellen, daß

er vollständig die aufgezeichneten Bahnen nachfahren konnte (kurvilineare Patientenaufzeichnungen - rectilineare Artikulatorbewegungen).

Nach der vorliegenden Untersuchung ist es sicherlich nicht sinnvoll, den Denar D 5 A - Artikulator wie HOB0, SHILLINGBURG und WHITTSETT [34] in Tabelle I unter die Artikulatoren einzureihen, die für besonders schwierige Rekonstruktionen empfohlen werden können.

Die Registrierverfahren für den Denar D 5 A - Artikulator, den Masticator und den Panadent "Model P" - Artikulator verlangen ebenso eine Bißsperrung wie das Referenzgerät, der Stuart-Recorder. Daher ist beim Vergleich dieser Geräte im genannten Punkt nicht mit wesentlichen Fehlern zu rechnen. Die Erkenntnisse von POSSELT [59] gelten soweit als gesichert, daß die supra-okklusale Clutches des Stuart - Recorders auch zur Auswertung der Bewegungen des Gnathomat verwendet werden konnten, da darauf geachtet wurde, den von POSSELT als unteren Grenzwert von 19,2 mm angegebenen Bereich erlaubter Sperrung zu unterschreiten. Auch der Untersuchung von CLAYTON, KOTOWICZ und MYERS [12] wurde dadurch Rechnung getragen, daß die Probanden immer von der terminalen Scharnierachsrelation aus ihre Bewegungen ausführen mußten.

Obwohl KOECK et al. [41] feststellten, daß die Auswirkungen konkaver, planer oder konvexer Führungsflächen auf den Clutches im Laborversuch gering seien, äußerten zwei der zwölf Probanden, daß sie durch die präformierten "Bahnen" der Denar - Clutches gestört würden. Bei einem mußten glättende Maßnahmen durch Abfräsen durchgeführt werden. Diese Beobachtung muß als Ergänzung der Untersuchungen von KOTOWICZ, CLAYTON und SMITH [43] verstanden werden, die diese Probleme nicht hatten.

Im vorliegenden Probandengut wurde zufällig eine Probandin mit derartig ausgeprägten Exkursionen untersucht, daß ihr die präformierten Bahnen ein deutliches Hindernis waren. KOECKs Untersuchungen waren rein experimenteller Natur, verzichteten also auf

eine Untersuchung, die die Auswirkungen dieser verschiedenen Führungsflächen im stomatognathen System berücksichtigt hätte. Okklusion, Kiefergelenk und Muskulatur sind aber durch den neuromuskulären Regelkreis derart verwoben, daß eine Unterbrechung, z.B. durch supraokklusale Schienen, mit Sicherheit zu Irritationen führt, wenn die Stützstiftführungsflächen Unebenheiten oder bestimmte Krümmungen aufweisen. Für besonders kritisch wurden die konkaven Clutches des Stuart-Recorders angesehen, wenn es nicht gelänge, den Stützstift in den Zenit dieser Kalotte und symmetrisch zu den Unterkieferexkursionen einzurichten. Daher wurde die Führungsfläche modifiziert, indem sie plan geformt wurde (Vergleiche: SIEBERT [64]!). Bei den Clutches des Masticator-Meßbogens mußten ebenfalls geringe Rauigkeiten durch Polieren soweit geglättet werden, daß ein völlig störungsfreies Gleiten darauf möglich war. Der Ansicht von BECK und MORRISON [2], daß den Arcon-Instrumenten der Vorzug zu geben sei, kann in Obereinstimmung mit WEINBERG [84a] besonders im Hinblick auf die guten Ergebnisse, die mit dem Masticator erzielt werden konnten, nicht geteilt werden. Insbesondere ist unklar, wieso die Okklusionsebene als eine bestimmende Größe des Unterkiefers angesehen wird.

Die 1930 von der "Society of Denture Prosthetists" aufgestellte Liste von Forderungen an die Einstellbarkeit von Artikulatoren werden vom Denar und Masticator erfüllt. Der Panadent läßt keine Einstellung der Bennettbewegung zu. Beim Gnathomat finden sich zwei sogenannte Bennett-Klappen, die aber mit der Bennett-Bewegung nichts zu tun haben, sondern lediglich so genannt werden (Aussagen des Herstellers).

MAROLTs [52] Differenzierung anatomisch korrekter und unkorrekter Artikulatoren kann sich nicht angeschlossen werden, da keiner der von ihm oder in der vorliegenden Arbeit untersuchten Artikulatoren die Resilienz der Gelenkgewebe oder den Einfluß der gesunden oder gar pathologisch veränderten Muskulatur berücksichtigt. Die Art und Form der Steuerungselemente ist belanglos. Entscheidend ist die Reproduzierbarkeit der Grenz-

bewegungen im Bereich um die terminale Scharnierachsrelation. Es fällt auf, daß diejenigen Artikulatoren, die beträchtliche Abweichungen vom anatomischen Vorbild aufweisen (Stuart mit vier Steuerungselementen nach der Untersuchung von SIEBERT [65] und der Masticator als Tripodtyp nach der vorliegenden Untersuchung), die besten Ergebnisse bei den pantografisch verglichenen Untersuchungen zeigen.

GEERING [24], der Untersuchungen über die Genauigkeit von Artikulatoren für gefährlich hält, weil der Zahnarzt dadurch den Eindruck gewönne, das Gerät sei deshalb auch für richtiges Arbeiten geeignet, muß bei seinen theoretischen Überlegungen die Möglichkeit klinisch pantografischer Untersuchungen außer acht gelassen haben. Durch den ständigen Vergleich mit den Patientenaufzeichnungen ist in der vorliegenden Arbeit der Bezug zu den klinisch wichtigen Auswirkungen einer Untersuchung über Artikulatoren hergestellt worden. Im Gegensatz zu GEERING [24] (wie auch bei HOBÖ, SHILLINGBURG und WHITSETT [34]) hält der Verfasser Untersuchungen dieser Art auch in Zukunft für wünschenswert, denn jede andere Beurteilung von Artikulatoren bliebe sonst rein spekulativer Natur.

Der mit dem stomatognathen System Befäßte sollte aber immer im Auge behalten, daß trotz guter Artikulatoren die biologischen Teile des Systems (Zahnbeweglichkeit (vergleiche SIEBERT [64]), elastische Deformation der Mandibel (vergleiche JUNG [37] und MARX [53]) und die Muskulatur mit ihren Auswirkungen (vergleiche SLAVICEK und LUGNER [70])) bislang noch die Hauptprobleme bei den zahnärztlich-rekonstruktiven Maßnahmen darstellen.

VI. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die Artikulatoren Gnathomat, Denar D 5 A, Panadent und Masticator auf die Reproduzierbarkeit der Grenzbewegungen untersucht. Dazu wurden für den Gnathomat vierundzwanzig Lateralregistrare gewonnen, für den Denar D 5 A - Artikulator zwölf Pantografien, für den Panadent zwölf Achsio- grafien und für den Masticator zwölf Aufzeichnungen mit dem Meßbogen durchgeführt. Von den danach eingestellten Artikulatoren wurden sechsundfünfzigmal die Artikulatorkennlinien abgenommen und den zwölf durch Pantografie mit dem Stuart-Recorder am Probanden gewonnenen Kennlinien überlagert und dreihundertsechs- unddreißig einzelne Kurven durchgezeichnet.

Folgende Ergebnisse können herausgestellt werden, wenn nur der initiale Bereich aus der terminalen Scharnierachsrelation mit fünf Millimetern beobachtet wird:

- a) Der Artikulator "Gnathomat" erreichte auf jeder der horizontal-posterioren Platten im Durchschnitt 8 von 24 möglichen Übereinstimmungen; auf jeder der vertikal-posterioren Platten im Durchschnitt 6,5 von 24 Übereinstimmungen; auf jeder der anterior-horizontalen Platten 15,5 von 24 Übereinstimmungen.
- b) Der Denar D 5 A - Artikulator erreichte auf den horizontal-posterioren Platten 12 von 24 Übereinstimmungen; auf den vertikal-posterioren Platten wurden im Durchschnitt 6 von 24 Übereinstimmungen und auf den horizontal-anterioren Platten 14 von 24 möglichen Übereinstimmungen erreicht.
- c) Der Panadent "Model P" - Artikulator erreichte auf jeder der horizontal-posterioren Platten im Durchschnitt 8 von 24, auf den vertikal-posterioren Platten 14,5 von 24 und auf den horizontal-anterioren Platten 17,5 von 24 möglichen Übereinstimmungen.
- d) Der "Masticator" erreichte auf jeder der horizontal-posterioren Platten im Durchschnitt 16 von 24 möglichen Übereinstimmungen; auf den vertikal-posterioren Platten 18,5 von 24 möglichen Übereinstimmungen; auf den horizontal-anterioren Platten im Durchschnitt 18 von 24 möglichen Übereinstimmungen.

Unter Zugrundelegung der kiefergelenkbezogenen Schule fallen beim Gnathomaten die starken Abweichungen auf den vertikal-posterioren Platten, beim Denar D 5 A - Artikulator die geringe Winkeltreue auf den vertikal-posterioren Platten, beim Panadent "Model P" die gerätespezifischen Kurven auf den horizontal-posterioren Platten und beim Masticator trotz der Rectilinearität die überwiegend winkeltreue Wiedergabe der initialen Grenzbewegungen auf. Auf den horizontal-anterioren Platten sind nur selten deutliche Abweichungen festzustellen.

Durch Langzeitbeobachtung von Patienten, deren Zahnersatz mit den genannten Geräten angefertigt wurde, könnten die hier vorgelegten Beobachtungen auf ihre klinischen Auswirkungen untersucht werden.

VII. Literaturverzeichnis

- 1 Balters, W.: Gelenklose Artikulatoren, Artikulatoren mit Schlottergelenk oder Artikulatoren mit festen Drehpunkten?
Vierteljahresschr. f. Zahnheilk. 38(1922)470-485
- 2 Beck, H.D. und W.E.Morrison: Investigation of an arcon articulator
J.Prosthet.Dent. 6(1956)359-372
- 3 Beck, H.O.: Jaw registration and articulators
J.Am.Dent.Assoc. 73(1966)863-869
- 4 Bergström, G.: On the reproduction of the dental articulation by means of articulators:
a kinematic investigation
Acta.Odontol.Scand. 4(1950)9
- 5 Boettger, H.: Gelenkbezügliches oder kaubahnbezogenes Vorgehen bei prothetischen Maßnahmen.
Dtsch.zahnärztl.Z. 32(1977)84-86
- 6 Boettger, H.: Das gleitbahnbezogene Vorgehen mit dem Artikulator Gnathomat.
Dent.Labor 26(1978)39-44
- 7 Bonwill, W.G.A.: Articulation and Articulators.
Trans.Am.Dent.Assoc.(1865)
- 8 Borgh, O. und U.Posselt: Hinge axis registration
J.Prosthet.Dent. 8(1958)35
- 9 Brotman, D.N.: Hinge Axis II
J.Prosthet.Dent. 10(1960)631-636
- 10 Campion, G.G.: Some Graphic Records.
Dent.Cosmos 47(1905)39-42
- 11 Christensen, C.: Rational articulator.
Ash's Quart.Circ. London 1901.
- 12 Clayton, J.A., W.E.Kotowicz, G.E.Myers: Graphic recordings of mandibular movements: Research criteria.
J.Prosthet.Dent. 25(1971)287-298
- 13 Clayton, J.A., W.E.Kotowicz, J.Zahler: Pantographic Tracings of mandibular movements and occlusion.
J.Prosthet.Dent. 25(1971)389-396
- 14 Coye, R.B.: A study of the variability of setting a fully adjustable gnathologic articulator to a pantographic tracing.
J.Prosthet.Dent. 37(1977)460-465
- 15 Coy, R.B., E.F.Shrycock, H.C.Lundeen: A method of transferring mandibular-movement data to computer storage.
J.Prosthet.Dent. 36(1976)510-516
- 16 DePietro, A.J.: Concepts of Occlusion. A system based on rotational centers of the mandible.
Dent.Clin.North.Amer. (1963)607 und 660
- 17 Eichentopf, O.: Die Verwertung der individuellen Kaubewegungen bei Anfertigung von Zahnersatz und: Einige Worte über Artikulation und Artikulationsverwertung
Dtsch.Zahnärztl.Wochenschr. 24(1921)435-436 und 576-577

- 18 Eltner, E.: Der anatomische Artikulator Eltner in der Praxis.
Schweiz.Vierteljahresschr.Zahnheilk. 12(1912)7-30
- 19 Eltner, E.: Anatomischer Artikulator.
C.H.Lorenz, Leipzig o.J.
- 20 Engelhardt, J.P.: Die Auswahl des richtigen Artikulators bei der Funktionsanalyse.
Zahnärztl.Mitt. 68(1978)709-716
- 21 Fehr, C.U.: Das Artikulationsproblem und ein neuer Artikulator.
Dtsch.Zahnärztl.Wochenschr. 24(1921) 341-347
- 22 Fox, S.S.: The significance of errors in hinge axis location.
J.Am.Dent.Assoc. 74(1968)1268-1272
- 23 Fuhr, K. und G. Siebert: Zur Wirkungsweise von Artikulatoren.
In: Deutscher Zahnärztekalendar 1981.
Hanser, München-Wien 1980.
- 24 Geering, A.: Eine Klassierung der Artikulatoren.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 85(1975) 1257-1262
- 25 Gerber, A.: Die Bewegungen des Unterkiefers und deren Wiedergabe im Artikulator.
Zahnärztl.Welt 5(1950)464-468
- 26 Gerber, A.: Der atrophische Kiefer aus der Sicht des Prothetikers.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 87(1977) 935-945
- 27 Gnathomat, Der: (Gebrauchsanweisung)
o.O. und J.
- 28 Guichet, N.F.: Procedures for Occlusal Treatment.
Anaheim, California, USA 1969.
- 29 Guichet, N.F.: Occlusion.
Denar Corp., Anaheim, Calif. 1970.
- 30 Gysi, A.: Beitrag zum Artikulationsproblem.
August Hirschwald, Berlin 1908.
- 31 Gysi, A.: Modifikation des Artikulators und der Aufstellregeln für Vollprothesen.
Hans Huber, Bern-Stuttgart 1958.
- 32 Hanau, R.: The Hanau Articulator.
Hanau engeneering Company, Buffalo, N.Y. o.
- 33 High, F.M., C.J.Stansbery, V.H.Sears: Report by the National Society of Denture Prosthesis.
J.Am.Dent.Assoc. 17(1930)1122-1124
- 34 Hobo, S., H.T. Shillingburg, L.D.Whitsett: Articulator selection for restaurative dentistry
J.Prosthet.Dent. 36(1976)35-43

- 35 Hofmann, A. und P.Pröschel: Geometrisch-Mathematische Analyse von Übertragungsfehlern in den Artikulator und deren praktische Auswirkungen.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 32(1977)599-605 und 33(1978)529-539
- 36 Jackson, M.J.: The reproducibility of pantographic tracings on medicated and nonmedicated subjekts.
J.Prosthet.Dent. 41(1979)566-575
- 37 Jung, F.: Über die Elastizität der Alveolarfortsätze und Kieferkörper und ihre Bedeutung für die zahnärztliche Prothetik. Referiert in:
Dtsch.Zahnärztl.Z. 9(1954)809
- 38 Kiener, H.: Die Reproduktion der Unterkiefergrenzbewegungen.
Med.Diss. Bern 1969
- 39 Kingery: in: Anthony, L.P.: American textbook of prothetic dentistry, Philadelphia 1942
- 40 Kleinrok , M., Z.Kolodziejczyk, P.Kozlowski und J.Kleinrok: Der Gnathomat: ein neuer Gleitbahn-artikulator.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 33(1978)668-671
- 41 Koeck, B. und B.Severin: Beeinflußt die Stütztstiftführung die registrierten Grenzbewegungen des Unterkiefers?
Dtsch.Zahnärztl.Z. 32(1977)212-217
- 42 Körber,E. und H.Landt: Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit von Registrierungen.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 34(1979)202-205
- 43 Kotowicz, W.E., J.A.Clayton, F.W.Smith: Analysis of pantographic recordings.
J.Prosthet.Dent. 24(1970)268-274
- 44 Kühl, W.: Geometrie der scharniergelenk-bezüglichen Modellorientierung.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 22(1967)873-875
- 45 Kurth, L.E. und I.K.Feinstein: The hinge axis of the mandible.
J.Prosthet.Dent. 1(1951)327-332
- 46 Lang, N.P.: Zur Geschichte der Artikulatoren.
Med.Diss. Bern 1970
- 47 Lauritzen, A.G. und G.H.Bodner: Variations in Location of the Hinge Axis.
J.Prosthet.Dent. 11(1961)224-229
- 48 Lauritzen, A.G. und L.W.Wolfort: Hinge Axis Location on an experimental basis.
J.Prosthet.Dent. 11(1961)1059-1067
- 49 Lee, R.L.: Jaw movements engraved in solid plastic for articulator controls.
J.Prosthet.Dent. 22(1969)209-224 und 513-527

- 50 Lucia, V.O.: A technique for recording centric relation.
J.Prosthet.Dent. 14(1964)429-505
- 51 Lundeen, H.C., E.F.Shycock, C.H.Gibbs: An evaluation of mandibular border movements: Their charakter and significance.
J.Prosthet.Dent. 40(1978)442-452
- 52 Marolt, A.: Das Problem des Artikulators in experimenteller Sicht.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 71(1961)767-782
- 53 Marx,H.: Die funktionsbedingten elastischen Deformierungen der menschlichen Mandibula.
Med.Habil.Schr. Mainz 1967.
- 54 McCollum, B.B.: Fundamentals involved in prescribing restorativ dental remedies.
Dent.It.Int. 61(1939)522-535, 641-648, 724-736, 852-863, 942-950
- 55 Mensor, C.M.: Instrument selection and mandibular movement recording procedures.
J.Prosthet.Dent. 30(1973)659-663
- 56 Mitchell, D.L. und N.D.Wilkie: Articulators through the years.
J.Prosthet.Dent. 39(1978)330-338, 451-458
- 57 Moser, F., H.Mack und F.Holzmann: Vergleichende Untersuchungen der Registrierung nach Swanson-Wipf und der pantografischen Aufzeichnung nach Stuart.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 85(1975)1250-1256
- 58 Panadent: Procedure Manual.
o.O. und J.
- 59 Posselt, U.: Studies in the mobility of the human mandible.
Acta Odontol.Scand. 10(1952)10
- 60 Rihani, A.: Classification of articulators.
J.Prosthet.Dent. 43(1980)344-347
- 61 Roßbach, A.: Auswirkungen von Fehlregistrierungen der Interkondylarachse auf die Reproduktionsgenauigkeit von Lateralbewegungen.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 25(1970)222-225
- 62 Schubring, K.D.: Eine Methode zur vergleichenden Untersuchung verschiedener Artikulatoren.
Med.Diss. Erlangen-Nürnberg 1970.
- 63 Seiler, F.R.: Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit der terminalen Scharnierachspunkte des Unterkiefers.
Med.Diss. Mainz 1974.
- 64 Siebert, G.: Klinisch-experimentelle Untersuchungen zur Disklusion und zur okklusionsbedingten Kinetik von Einzelzähnen.
Med.Habil.Schr. Mainz 1976.
- 65 Siebert, G.: Vergleichende pantographische Untersuchungen verschiedener Artikulatoren.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 31(1976)732-735
- 66 Siebert,G.: Der Artikulator und seine Funktion.
Informationen für den Zahnarzt in Rheinland-Pfalz Juli 1978, 21-34

- 67 Siebert, G.: In: Fortschritte der zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde. Band 1. Die Funktion des Kauorgans (Stand der Funktionslehre).
Hanser, München 1980.
- 68 Siebert, G. und B.Klein: Immediate side-shift.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 33(1978)446-449
- 69 Slavicek, R.: Ober die Auswirkungen von Achseninkongruenzen zwischen schädeleigerecht montierten Oberkiefermodellen und schädelbezüglich montierten Unterkiefermodellen.
Oesterr.Z.Stomatol. 75(1978)318-326
- 70 Slavicek, R. und P.Lugner: Der schädelbezügliche teiladjustierbare Artikulator. Eine mathematisch-mechanische Analyse und Bewertung.
Oesterr.Z.Stomatol. 73(1976)84-102 und 122-142
- 71 Stuart, Ch.E.: Accuracy in measuring functional dimensions and relations in oral prosthesis.
J.Prosthet.Dent. 9(1959)220-236
- 72 Stuart, Ch.E.: Instructions for Use of Gnathological Instruments.
Ventura, Calif., USA 1973
- 73 Tanzer, G.: Kiefergelenk und Aufstellgeräte.
Dent.Labor 26(1978)895-900
- 74 Trebitsch, F.: Die Durchführung der Artikulation mit dem Universalartikulator nach Schröder-Trebitsch.
Vierteljahresschr.Zahnheilk. 48(1932) 31-73
- 75 Tupac, R.G.: Clinical importance of voluntary and induced Bennett movement.
J.Prosthet.Dent. 40(1978)39-43
- 76 Ulrich, J.: The human temporomandibular joint: kinematics and actions of the masticatory muscles.
J.Prosthet.Dent. 9(1959)399-406 transl. repr. from: "Undersøgelse over Kæbedet hos Mennesket med særligt Hensyn til de mekaniske Forhold"
Copenhagen 1896.
- 77 Walker, W.E.: The glenoid fossa; the movements of the mandible.....
Dent.Cosmos 38(1896)34-43, 573-583
- 78 Watt, D.M.: A Study of the Reproducibility of Articulator settings from graphic records of mandibular movement.
Dent.Pract. 19(1968)119
- 79 Weber, R.: Größe und Richtung der Kondylenverschiebung bei Unterkieferbewegungen.
Med.Diss. Bern 1949.
- 80 Weber, R.: Die dreidimensionale Kondylenbahnbestimmung und ihre Konsequenzen.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 65(1955)499-542

- 81 Weber, R.: Die biologisch konstruierte Zahnprothese im Masticator.
Ilg, Lausanne 1965.
- 82 Weber, R.: Die dreidimensionale Kondylenbahnbestimmung im Masticator.
Dtsch.Zahnärztl.Z. 21(1966)514-517
- 83 Weber, R.: Masticator Gebrauchsanweisung.
Lausanne 1979.
- 84a Weinberg, L.A.: An Evaluation of basic Artikulator and their Concepts.
J.Prosthet.Dent. 13(1963)622-644, 645-663, 873-888, 1038-1054
- 84b Weinberg, L.A.: Arcon Principle in the Condylar Mecanism of Adjustable Articulators.
J.Prosthet.Dent. 13(1963)263-268
- 85 Willner, G.: Worauf warten wir eigentlich?
Dent.Labor 27(1979)39-42
- 86 Winstanley, R.B.: Observations on the use of the Denar pantograph and articulator.
J.Prosthet.Dent. 38(1977)660-672
- 87 Wustrow, P.: Klinik der Plattenprothetik.
Thieme, Leipzig 1932. S. 139ff.
- 88 Zürcher, A. und A.Gerber: Zielvorstellung und Realisation im Artikulatorenbau.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 88(1978)726-739

VIII. Lebenslauf

Hans Tom Schilling, am 8. Mai 1952 als Sohn des verstorbenen Apothekers Hans Joachim Schilling und seiner Witwe Josefine Schilling, geb. Kühl, in Weimar/Thüringen geboren, besuchte 1958 eine Grundschule in Weimar, wurde nach der Flucht im September 1958 im Frühjahr 1959 in Philippsthal/Werra neu eingeschult. Umschulungen führten nach Buchschlag/Sprendlingen (Kreis Offenbach) und Darmstadt. Dort seit 1962 auf dem Gymnasium und seit 1963 auf einem Gymnasium in Wiesbaden (Oranien-Schule).

1965 Tod der Mutter.

1972 Abitur, vier Monate Bundeswehr und ab Oktober 1972 Studium der Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Nach dem 2. Semester Vorphysikum, nach dem 5. Semester Physikum und nach dem 10. Semester Staatsexamen (Herbst 1977).

Anschließend Restwehrdienst als Sanitätsoffizier bei der Bundesmarine.

Seit Oktober 1978 als Assistent in der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik an der Zahn-, Mund- und Kiefer-Klinik in Mainz.

DANK gilt Herrn Prof. Dr. Siebert für die
Oberlassung des Themas, Geduld und Hilfe bei
der Ausarbeitung, Herrn Prof. Dr. Fuhr für
die Übernahme des zweiten Gutachtens, den
Damen und Herren Lindner, Härtel, Hill,
Herr, Lang, Becker, Walz, Abstein, Nazemian,
Marquardsen, Behneke und Baum für die ge-
duldige Mithilfe als Proband.



